

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS



**“EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA LA EJECUCION
DE UNA OBRA DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN
EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA,
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU”**

Presentada por:

Bach. GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE.

**PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN/SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
**APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES/APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES**

PIURA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

**“EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA LA EJECUCION
DE UNA OBRA DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN
EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA,
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA- PERU”**

Elena E

Bach. GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE

AUTOR

Miguel Mena Maza

ING. MIGUEL MENA MAZA

ASESOR

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN/SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
**APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES/APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE LA TESIS

GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE., identificado con DNI 45353289 y CU 0612006065, Bachiller en Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería de Minas, y domiciliado en UPIS Villa Jardín Mz A Lt 23 Distrito 26 de Octubre - Piura, celular N° 98078877, Email:elena21121@hotmail.com.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. 411 del Código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Br. GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE.

DNI 45353289

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

**“EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA LA EJECUCION
DE UNA OBRA DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN
EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU”**

Dr. ING. JUAN F. MOREANO SEGOVIA
PRESIDENTE

ING. WALTER UMERES RIVEROS M.Sc
SECRETARIO

ING. JOSE C COBEÑA URBINA M.Sc
VOCAL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN/SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
**APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES/APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
DECANATO

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador nombrados mediante Resolución N° 381-CF-2019, de fecha tres de mayo de dos mil diecinueve, que suscriben, reunidos el día jueves veintitrés de mayo de dos mil diecinueve, a horas 1:00 p.m., en el aula del PROMAINA - FIM, para la sustentación de la Tesis titulada "EXPLORACION HIDROGEOLÓGICA PARA LA EJECUCION DE UNA OBRA DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU", conducida por la señorita Bachiller en Ingeniería Geológica GALECIO RÍOS TEOLINDA ELENA DESIREE, la misma que cuenta con el asesoramiento del Ing° Miguel Mena Maza. Efectuadas las observaciones y dadas las respuestas, lo declaran:

DESAPROBADA	A P R O B A D A			
	Bueno X	Muy Bueno -----	Sobresaliente -----	Excelente -----

En consecuencia, queda en condición de ser calificada **APTA** y solicitar al Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA GEÓLOGA**, de conformidad con lo estipulado en las normas legales vigentes de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 23 de mayo de 2019.

DR. ING° JUAN F. MOREANO SEGOVIA
Presidente del jurado calificador

ING° WALTER UMERES RIVEROS M.Sc.
Secretario del jurado calificador

ING° JOSE C. COBEÑA URBINA M.Sc.
Vocal del Jurado Calificador.

YMN.

DEDICATORIA

*A dios por darme la oportunidad de vivir,
por haber puesto en mi camino a aquellas
personas que han sido mi soporte y
compañía durante todo el camino de
estudio.*

*Gracias a mis padres por ser los principales
promotores de mis sueños, gracias a ellos
por cada día confiar y creer en mí y en mis
expectativas gracias por cada consejo y por
cada una de sus palabras que me guiaron
durante mi vida.*

*A mis hermanos que me han apoyado todos
los días de mi carrera universitaria.*

*A mi primo NILO y mi mejor amigo KOKI
por ser mi inspiración para luchar cada día
como si fuera el ultimo, con su pronta
partida me enseñaron que tengo que luchar
por cada uno de mis objetivo, y vivir cada
día como si fuera el ultimo, día de mi vida.*

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y mi fortaleza, por estar siempre a mi lado.

A mi Madre, por su confianza, apoyo incondicional, consejos y sobre todo por su amor.

A mi Asesor Ing. Miguel Mena Maza, por compartir conmigo su tiempo, su sabiduría y por su apoyo constante.

A la Universidad Nacional de Piura por ser mi alma mater y acogerme durante toda mi carrera universitaria.

CONTENIDO

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....	14
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.	14
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.....	14
1.3. Objetivos.	14
1.4. Delimitación de la Investigación.	15
II. MARCO TEORICO.	16
2.1. Antecedentes de la Investigación.	16
2.2. Bases Teóricas.....	16
2.3. Glosario de Términos Básicos.....	16
2.4. Marco referencial.	17
2.5. Hipótesis.....	17
III. MARCO METODOLOGICO.....	19
3.1. Enfoque y diseño.....	19
3.2. Sujetos de la investigación.	19
3.3. Métodos y Procedimientos.....	20
3.4. Aspectos éticos.	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. Resultados.	53
4.2. Discusión.	85
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	88
ANEXOS	89

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° III-1: Resistividad de Aguas y Rocas	29
CUADRO N° III-2: Ubicación de Sondajes Coordinadas UTM	31
CUADRO N° III-3: Resultados de la Interpretación de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs).....	40
CUADRO N° III-4: Descripción Litológica e Hidrogeológica.....	41
CUADRO N° III-5: Estado actual de los pozos inventariados	49
CUADRO N° III-6: Explotación de agua subterránea en la zona de estudio	50
CUADRO N° III-7: Inventario de Pozos y Fuentes de Agua Subterránea	51
CUADRO N° IV-1: Niveles de agua y cotas subterráneas.....	55
CUADRO N° IV-2: Valores de transmisividad	57
CUADRO N° IV-3: Calificación de la permeabilidad	58
CUADRO N° IV-4: Parámetros hidrogeológicos	59
CUADRO N° IV-5: Radios de influencia	60
CUADRO N° IV-6: Resultados del Análisis Físico – Químico	62
CUADRO N° IV-7: Clasificación del agua de riego en función de su C.E.....	63
CUADRO N° IV-8: Clasificación del agua de riego en función de GHF	66
CUADRO N° IV-9: Demanda anual de agua.....	66
CUADRO N° IV-10: Régimen de explotación	67
CUADRO N° IV-11: Disponibilidad hídrica subterránea	67
CUADRO N° IV-12: Ubicación del Pozo Proyectado	73
CUADRO N° IV-13: Diseño físico del pozo proyectado	76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° I-1: Ubicación y Acceso del Área de Estudio	20
FIGURA N° II-1: Mapa Geológico de la Zona Investigada	21
FIGURA N° II-2: Columna Estratigráfica de la Cuenca Sechura.....	24
FIGURA N° II-4: Mapa Geomorfológico de la Zona Investigada	26
FIGURA N° II-5: Configuración Schlumberger	28
FIGURA N° II-6: Ubicación de Sondajes y Secciones Geofísicas	30
FIGURA N° II-7: Equipos de Prospección Geoeléctrica	32
FIGURA N° II-8: Sección Geoeléctrica A-A'	43
FIGURA N° II-9: Sección Geoeléctrica B-B'	44
FIGURA N° IV-1: Dimensión del Acuífero Zapallal	54
FIGURA N° IV-2: Techo del nivel de terreno	69
FIGURA N° IV-3: Estratos no productivos subterráneos.....	70
FIGURA N° IV-4: Estratos productivos o explotables	70
FIGURA N° IV-5: Modelo conceptual de la zona de investigación	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	89
ANEXO N° 3: PRUEBA DE BOMBEO	90
ANEXO N° 3: DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO.	94
ANEXO N° 6: TESTIMONIO FOTOGRAFICO	95
ANEXO N° 7: MAPAS	98

RESUMEN

El análisis de la información recopilada sobre la geología de la zona investigada determina un contexto evolutivo de la geología que en su mayoría por materiales descritos como rocas sedimentarias de edades terciarias que a su vez se encuentran cubiertas por sedimentos de edades cuaternarias. Se han analizado las características litológicas de dichos materiales que determinen condiciones favorables de constituir uno o más acuífero. Del mismo modo se estableció la dinámica hidrológica de la cuenca del río Piura por ser la principal fuente de alimentación del acuífero.

Mediante el apoyo de un método geofísico denominado Resistividad Eléctrica mediante Sondajes Electrico Verticales (SEV's) que generan un campo electrico artificial para relacionar los materiales al ser expuestos a dicho campo.

Para investigar la zona de interés se realizó un programa de puntos para ser evaluados y sea posible elaborar perfiles del subsuelo denominados secciones geoeléctricas basados en los resultados de estas pruebas y usando una Configuración establecida llamada Configuración Schlumberger para la interpretación de estos resultados describiendo rangos de valores que caracterizan geológicamente los materiales por su resistividad al campo electrico.

Desarrollada cada una de las partes necesarias para comprender la hidrogeología se puede determinar que en la zona investigada existen 2 acuíferos, siendo el mas cercano a la superficie un acuífero de tipo libre sobre materiales de origen cuaternario, mientras que a mayor profundidad existe un acuífero semiconfinado emplazado en la formación zapallar de edad terciaria. Del análisis de las características físico químicas de al agua subterránea en pozos aledaños se determina como fuente aprovechable con mejores características físico químicas el acuífero semiconfinado. Para lo cual se consideran especificaciones para el aprovechamiento del mismo.

Cada uno de los capítulos desarrollados en la presente investigación detallan su aporte a concretar los resultados y recomendaciones de la misma.

Palabras claves:

- ❖ Características geológicas.
- ❖ Cuenca sedimentaria.
- ❖ Cuenca Hidrográfica.
- ❖ Fuentes de agua subterránea.
- ❖ Hidrodinámica subterránea.

ABSTRACT

The analysis of the information collected on the geology of the investigated area determines an evolutionary context of the geology that mostly consists of materials described as sedimentary rocks of tertiary ages that in turn are covered by sediments of quaternary ages. The lithological characteristics of these materials that determine favorable conditions to constitute one or more aquifer have been analyzed. In the same way, the hydrological dynamics of the Piura river basin was established because it is the main aquifer source.

Through the support of a geophysical method called Electrical Resistivity by Vertical Electrical Probes (SEV's) that generate an artificial electric field to relate the materials when exposed to said field.

To investigate the area of interest, a program of points was made to be evaluated and it is possible to create subsurface profiles called geoelectric sections based on the results of these tests and using an established configuration called Schlumberger Configuration for the interpretation of these results describing ranges of values that characterize the materials geologically for their resistivity to the electric field.

Developed each of the necessary parts to understand the hydrogeology can be determined that in the area surveyed there are 2 aquifers, being the closest to the surface a free-form aquifer on materials of quaternary origin, while deeper there is a semi-confined aquifer located in the zapallar formation of tertiary age. From the analysis of the physical and chemical characteristics of the groundwater in nearby wells, the semiconfined aquifer is determined to be exploitable with better physical and chemical characteristics. For which are considered specifications for the use of it.

Each of the chapters developed in this research detail their contribution to specify the results and recommendations of it.

Keywords:

- ❖ Geological characteristics.
- ❖ Sedimentary basin.
- ❖ Hydrographic Basin.
- ❖ Groundwater sources.
- ❖ Underground hydrodynamics.

INTRODUCCION

El crecimiento poblacional en todo el mundo tiene y en nuestro país constituye la principal necesidad de ocupar nuevas zonas de expansión, lugares donde las nuevas generaciones buscan desarrollar una vida normal como en ciudades ya pobladas.

Se entiende que estos nuevos lugares constituyen zonas áridas donde poco a poco se van formando nuevas ciudades, es muy importante y lo principal poder abastecerse de los recursos fundamentales para el desarrollo de sus actividades.

La dificultad más grande que muchas de estas nuevas poblaciones enfrentan muchas veces es la inexistencia de fuentes de abastecimiento de agua lo cual lleva consigo generar muchas más necesidades.

Las presentes líneas de investigación se realizan con el principal propósito de poder aportar una solución sustentada en la ingeniería a través de métodos de investigación que el ser humano ha logrado desarrollar.

Esta investigación se centra en la recopilación de información y el reconocimiento detallado de las capas que constituyen la corteza terrestre en la zona de investigación a través de métodos indirectos con el fin de ubicar capas que contengan agua subterránea de favorables resultados cualitativos y cuantitativos para poder construir una obra de captación.

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.

El predio “Progreso Bajo” se ubica en el sector Este del Distrito de Castilla, una zona actualmente árida donde la falta de fuentes de agua superficial es el principal problema que limita el desarrollo de las actividades en el predio.

La búsqueda de fuentes de aguas subterránea constituye la principal solución a este déficit de agua en la zona es por ello que se desarrollara una investigación con dichos fines.

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.

La dificultad de no poder realizar actividades que permitan sustentar el crecimiento económico y social debido a la falta de agua tiene justifica buscar una solución que nos permita sobrepasar las mismas.

La investigación en busca de agua subterránea en la mayoría de casos a culminado en la ejecución de optimas obras de captación realizadas de manera responsable.

Es importante cada contexto que se desarrolla en la presente investigación ya que de ello depende la ejecución o no ejecución de la obra de captación.

1.3. Objetivos.

Objetivo Principal:

Poder obtener un contexto detallado de la Hidrogeología en la zona de investigación a través de la recopilación de información y las investigaciones de campo.

El presente estudio hidrogeológico permitirá determinar las posibilidades de explotación del reservorio acuífero en el predio “Progreso Bajo” y definir la ubicación más conveniente para construir una obra de captación (pozo tubular).

Objetivos Específicos:

- Determinar las características cualitativas y cuantitativas para describir preliminarmente los horizontes geológicos en la zona de investigación.
- Determinar la existencia de horizonte u horizontes acuíferos.
- Elaborar el diseño preliminar de la obra de captación.
- Estimar preliminarmente los parámetros de caudal y calidad del agua subterránea.
- Poder construir una obra de captación de agua subterránea con óptimos caudales y cubrir las demandas en el predio.
- La obtención del título profesional de ingeniero geólogo en la universidad nacional de Piura.

1.4. Delimitación de la Investigación.

La presente investigación se realizará en el Predio “Progreso Bajo”, la investigación se basa en un Estudio Hidrogeológico que consta en reunir toda la información necesaria de manera regional y local relacionada a la hidrogeología y obtener un modelo conceptual de la dinámica de las aguas subterráneas que existen en la zona de investigación con lo cual se concluirá en la ejecución o no de la obra de captación.

II. MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de la Investigación.

- ❖ Investigación hidrogeológica de exploración-explotación del acuífero del Valle del Alto Piura (1998).
- ❖ Estudio de prospección geofísica con fines de investigación hidrogeológica para la Fuerza Aérea del Perú Sojo Sullana-Piura (1999).
- ❖ Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle medio y bajo Piura – ANA Piura (2004)

2.2. Bases Teóricas.

- ❖ La teoría de la infiltración del agua marina (Platón 427-347 a. de J.C.).
- ❖ Condensación del agua marina (Aristóteles 384-322 a. de J.C.)
- ❖ Condensación del vapor de agua en el aire.
- ❖ Teoría de la infiltración de las precipitaciones.

2.3. Glosario de Términos Básicos.

- ❖ **Acuífero.** – Formación geológica, capaz de almacenar y transmitir al agua libre en cantidades importantes.
- ❖ **Balance hídrico.** - Herramienta que permite conocer características de una cuenca hidrográfica.
- ❖ **Basamento hidrogeológico.** - Formación geológica impermeable situado por debajo del manto acuífero.
- ❖ **Modelo conceptual hidrogeológico.** - Representación en dos o tres dimensiones de las condiciones estáticas y dinámicas de sistemas hidrogeológicos

- ❖ **Nivel freático.** - Nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general.
- ❖ **Permeabilidad.** - Capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.
- ❖ **Recarga Natural del acuífero.** - Se origina generalmente del agua de lluvia que a lo largo del suelo se infiltra a los acuíferos.
- ❖ **Unidad Hidrogeológica.** - es un conjunto de formaciones geológicas cuyo funcionamiento hidrogeológico conviene considerar conjuntamente.

2.4. Marco referencial.

- ❖ CTM (2009). Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Comisión Técnica Multisectorial (CTM) / Autoridad Nacional del Agua (ANA). Lima.
- ❖ Gobierno de la República del Perú (2009). “Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)”.
- ❖ Gobierno Regional de Piura (2010). “Expediente Técnico para la creación y conformación del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura”.
- ❖ Artículo 225 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo 001-2010-AG

2.5. Hipótesis.

Hipótesis General:

La región Piura es una zona de buenos resultados en cuanto a la realización de obras de captación es así que muchas personas frente a este caso de dificultades por el déficit de agua deciden solicitar a un especialista en el tema para investigar si es posible la existencia de capas aprovechables en sus terrenos obteniendo en muchos casos buenas obras de captación.

Hipótesis Específicas:

- ❖ ¿Las condiciones geológicas y geomorfológicas la Cuenca son factibles para la existencia de acuíferos en la zona investigada?
- ❖ ¿El aprovechamiento de recursos hídricos subterráneos ha tenido buenos resultados regionalmente para ejecutar este tipo de proyecto?

III. MARCO METODOLOGICO.

3.1. Enfoque y diseño.

Enfoque:

Basado en la investigación hidrogeológica mediante la interpretación de la recopilación de información antecedente de la zona y la ejecución de una exploración de campo mediante el método geofísico indirecto de prospección geoeléctrica de configuración Schlumberger y determinar mediante este método las características de las capas que componen el subsuelo en la zona de investigación.

Diseño:

Cuantitativo: La ejecución de sondajes eléctrico verticales en la zona de investigación permite obtener valores de resistividad para interpretar los horizontes existentes hasta una profundidad determinada.

Cualitativo: la descripción de la litología y tipo de capas encontradas a la profundidad de investigación, basados en la interpretación de valores de resistividad establecidos a cada tipo de material cuando se lleva a cabo este tipo de investigación geofísica.

3.2. Sujetos de la investigación.

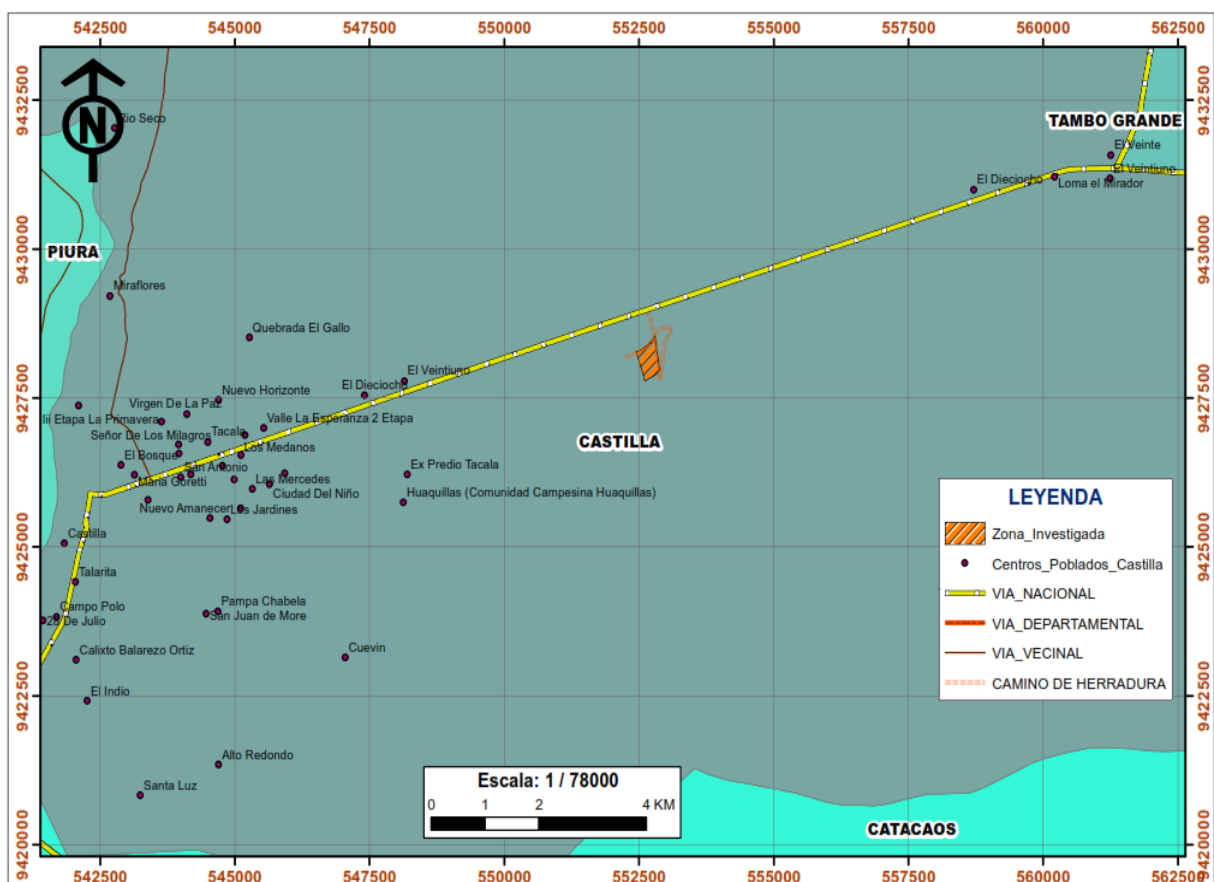
El propietario del Predio “Progreso Bajo” en la búsqueda de una solución al problema de abastecimiento de agua solicita la investigación a quien Presenta el presente informe el mismo que es ejecutado con la asesoría se cita, especialista en la búsqueda de recursos hídricos subterráneos.

3.3. Métodos y Procedimientos.

UBICACIÓN Y ACCESO.

El Predio Progreso Bajo está ubicado en el Distrito de Castilla, Provincia y Departamento de Piura. A la zona de estudio se llega a través de la Carretera Piura – Chulucanas, y se sitúa al lado derecho de dicha carretera.

FIGURA N° III-1: Ubicación y Acceso del Área de Estudio

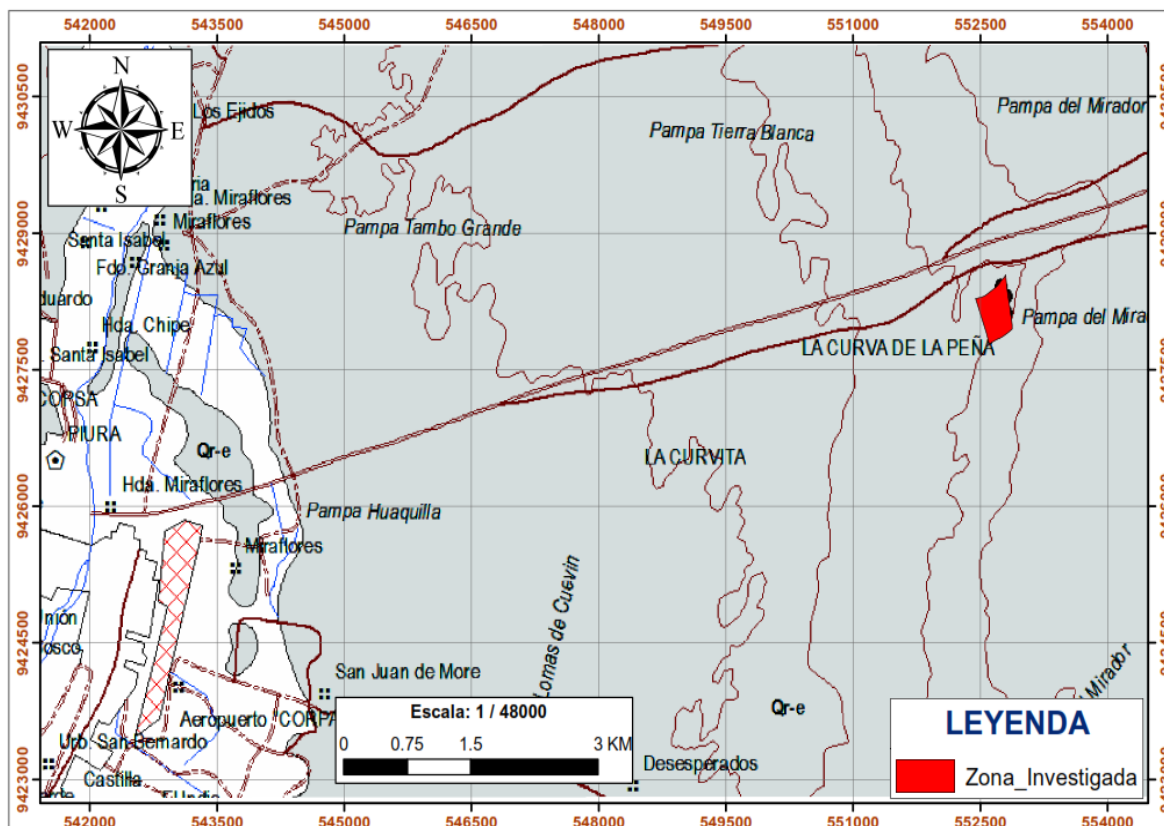


Fuente: Geocatmin.

CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS Y GEOMORFOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO.

Reconocer las características geológicas de la zona en relación con la naturaleza de los materiales existentes y la distribución de los mismos tanto permeable como impermeable, pliegues, fallas y otros, condiciona el financiamiento del complejo acuífero y el desplazamiento de las aguas subterráneas.

FIGURA N° III-2: Mapa Geológico de la Zona Investigada



Fuente: Geocatmin.

ESTRATIGRAFIA.

❖ Formaciones del Terciario

Constituyen los sedimentos marinos de mayor desarrollo en la cuenca de Sechura y está conformado por las siguientes formaciones del Eoceno y Mioceno. En la zona de investigación solo se observa las formaciones del Mioceno.

Mioceno

Tiene la mayor distribución en el Valle del Medio y Bajo Piura, alcanzando una potencia de 1,190 m. en el sector central; está representada por 2 unidades litológicas: una arenosa y delgada (Formación Montera) y, la otra, arcillosa y más potente (Formación Zapallal). En la zona de estudio la Formación Montera no entra como tema de investigación ya que no se encuentra dentro de la zona.

Formación Zapallal (Tm – zas)

Se encuentra por debajo de los sedimentos eólicos, en la zona no se encuentran grandes afloramientos que sobresalgan en la llanura, pero es posible apreciar algunos de sus estratos en el corte casi vertical que ha originado por el discurrir de las aguas del Río Piura (inmediatamente al Sur de las compuertas de la Represa Los Ejidos), donde han quedado expuestas capas casi horizontales del miembro superior de esta formación que está constituida por tres miembros: superior, medio e inferior.

El primero está constituido por una secuencia de conglomerados, lutitas y areniscas. El miembro medio está conformado por areniscas cuarzosas inter estratificadas con lutitas, arcillas y areniscas calcáreas, y el miembro inferior por horizontes arcillosos, areniscas calcáreas y areniscas conglomeradas.

Desde el punto de vista hidrogeológico esta formación y en especial su miembro superior, es de suma importancia ya que constituye el reservorio acuífero del Medio y Bajo Piura.

Formación Miramar (Tm – mi)

La denominación fue tomada de la localidad de Miramar, ubicada a 16 Km. al noreste de Sechura, desde donde se extiende por toda el área de estudio.

El contacto inferior es una marcada discordancia erosional generalmente con el miembro superior de la formación Zapallal, pero en los acantilados marinos yace sobre las formaciones Chira o Montera. Subyace con igual relación a los tablazos, pero en el flanco oeste de la

pampa Yapato y extremo sur de la Depresión Salina Grande está cubierto discordantemente por la formación Hornillos, del Plioceno.

Constituido por conglomerados poco consolidados con matriz arenosa e intercalada con lentes de arena; hacia la parte superior se encuentran areniscas escasamente cementados en estratos delgados, friables y con laminación cruzada. Lateralmente se interdigitan con areniscas amarillentas y lodolitas.

❖ **Depósitos del cuaternario reciente.**

Está representado por depósitos aluviales, mixtos y eólicos.

Depósitos aluviales recientes (Qr – al)

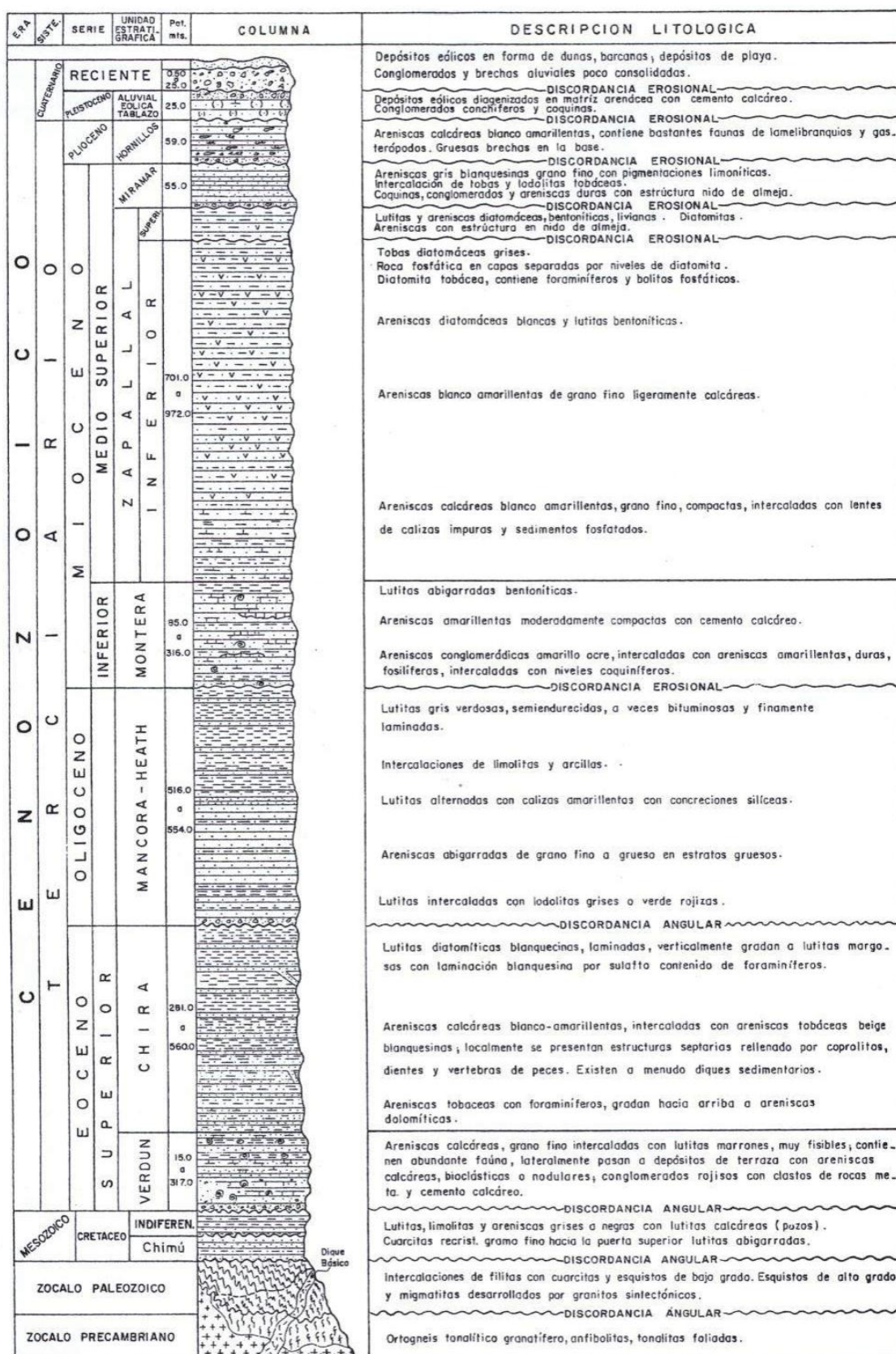
Están constituyendo el relleno de los actuales cauces, por donde discurren las corrientes fluviales. Son conglomerados y arenas que decrecen en tamaño desde las partes altas hasta la desembocadura donde el predominio es de arenas y limos.

Depósitos eólicos (Qr – e)

Constituyen los depósitos areno - arcillosos más importantes del área de estudio y están formando el gran manto que cubre gran parte de la zona en estudio. Estos depósitos se presentan ya sea en forma de mantos propiamente dichos; pudiendo presentarse también en formas de dunas en la parte baja del valle.

Estos depósitos se encuentran a lo largo de ambos márgenes del río. Los depósitos eólicos carecen de importancia en la hidrogeología del área de estudio.

FIGURA N° III-3: Columna Estratigráfica de la Cuenca Sechura.



Fuente: Ingemmet

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona en estudio presenta 02 unidades geomorfológicas (Lámina N° 03):

Llanura o planicie costera (Ll)

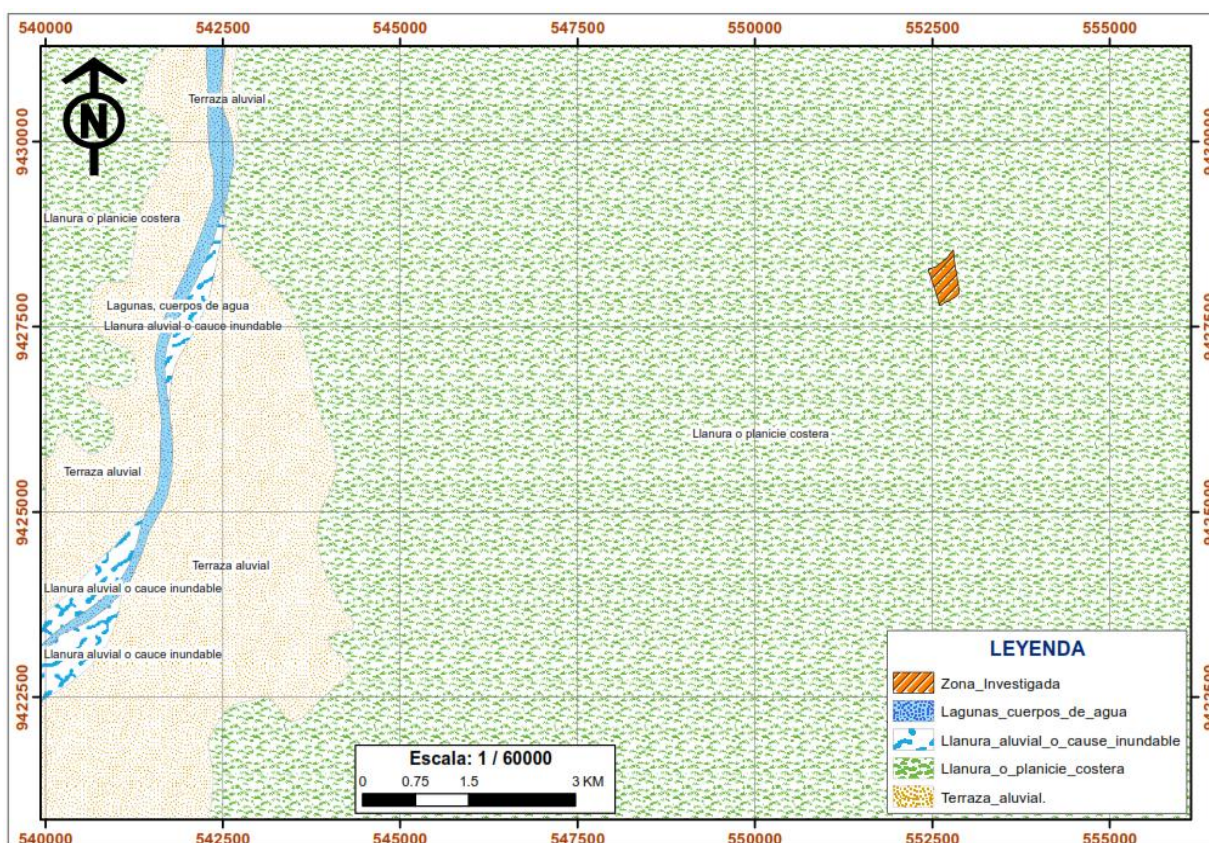
Se encuentra comprendida entre la Cordillera de la Costa y los contrafuertes de la Cordillera Andina Occidental, como una faja paralela a esta cordillera. Poseen un relieve plano a plano ondulado; cuya pendiente es menor a 5%, siendo más ondulado en el tramo entre Piura y Morropón.

Esta unidad se caracteriza por tener extensas superficies cubiertas por depósitos eólicos. Son afectadas por erosión de laderas a manera de surcos y cárcavas; por donde, de manera excepcional discurren flujos de lodo. Localmente, en el área en cuestión se han reconocido áreas casi planas y algunas lomadas de muy poca elevación que continúan en los predios aledaños.

Terraza aluvial (Ta)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río; a mayor altura representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido divididos por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Se tienen terrazas aluviales muy desarrolladas en el valle del Río Piura. Están sujetas a procesos de erosión fluvial.

FIGURA N° III-4: Mapa Geomorfológico de la Zona Investigada



Fuente: Geocatmin

EXPLORACION GEOFISICA.

Seleccionar la ubicación de los puntos para la perforación del o los pozos constituye problemas que, en la mayoría de los casos, los métodos geofísicos de exploración superficial ayudan a resolver.

La prospección geofísica estudia las variaciones del campo eléctrico o electromagnético cuando se hace pasar una corriente eléctrica en el suelo.

Para cumplir con los objetivos del presente estudio se planteó un total de 06 sondeos eléctrico verticales ubicados en el predio de la asociación los libertadores, distrito de castilla, provincia y departamento de Piura – Perú”

La prospección geofísica mediante sondajes eléctricos verticales (SEVs) tiene los siguientes objetivos:

- ❖ Determinar las diferentes capas del subsuelo, en función de sus valores de resistividad eléctrica.

- ❖ Determinación del nivel freático en primera aproximación.
- ❖ Evaluación cualitativa de la calidad del agua subterránea.
- ❖ Entre los puntos explorados, si el caso lo amerita definir el o los punto con mejores condiciones hidrogeológicas para la perforación de pozos tubulares, estableciéndose sus condiciones o características constructivas generales con miras a conseguir obras de captación estabilizadas, con mínima pérdida de carga en el ingreso del agua a los pozos y sin arrastre de arena.

METODO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA (SEV).

El método geofísico empleado por el presente estudio es el método de Prospección Geoeléctrica, mediante sondajes eléctricos verticales, de configuración Schlumberger.

La profundidad de exploración ha sido hasta los 200.00 m.

El Sondaje Eléctrico vertical (SEV), permite conocer a partir de la superficie del terreno, la distribución de las distintas capas geoeléctricas en profundidad. Es decir, permite determinar los valores de resistividad de cada capa y su espesor correspondiente.

En el SEV se introduce corriente continua al terreno mediante un par de electrodos, llamados de corriente A y B, y se mide la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico así formado, entre otro par de electrodos, llamados electrodos de recepción o de potencial M y N. Se calcula la resistividad aparente (ρ_a) en cada medición según:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

Donde:

ρ_a = Resistividad aparente, ohm-m

ΔV = Diferencia de potencial entre los electrodos M, N, mV.

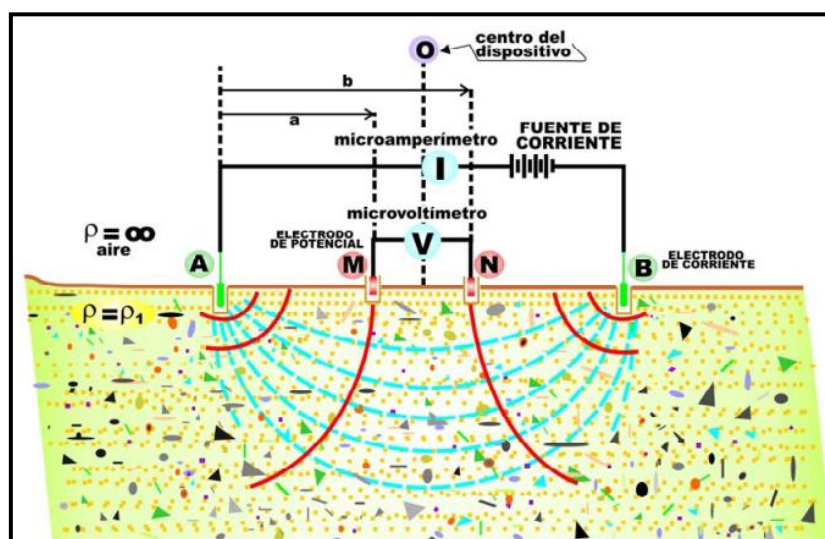
I = Intensidad de corriente introducida en el terreno, ma.

K = Constante geométrica que depende de la distribución de electrodos.

Existen diferentes dispositivos de electrodos, entre ellos el más usado es el Dispositivo Schlumberger en donde los electrodos de medición o corriente M y N permanecen fijos y solamente se aumenta la distancia entre ellos cuando la señal medida es muy baja. En este dispositivo se cumple que la distancia entre A y B sea mayor o igual a tres veces la distancia entre los electrodos M y N.

Esta operación se hace para una serie de separaciones de los electrodos A y B de corriente con la finalidad de profundizar la investigación. Entre la separación AB y la profundidad alcanzada existe una relación que varía de acuerdo al tipo de material investigado.

FIGURA N° III-5: Configuración Schlumberger



Fuente: **Geofísica aplicada a la Hidrogeología. ASTIER, Jean Louis.**

Los valores de resistividad aparente y las distancias AB se plotean en coordenadas bilogarítmicas, obteniéndose un gráfico denominada Curva de Resistividades Aparentes ρ_a que representa en sus diferentes segmentos las diversas capas del subsuelo. Solamente en el caso ideal de que el medio sea homogéneo e isótropo, la curva ρ_a sería una recta paralela al eje de las abscisas (distancias AB/2).

La curva ρ_a es la expresión de la estructura del subsuelo y su interpretación consiste en determinar las resistividades verdaderas de las capas correspondiente espesores. Estos cálculos se pueden hacer con ayuda de curvas teóricas (ábacos) o usando programas de cómputo especiales.

Sin embargo, no hay una interpretación única de una curva ρ_a , presentándose ciertas alternativas igualmente probables de ser las correctas. Además, se presentan otras limitaciones del método como, por ejemplo, que en la naturaleza no se presentan las condiciones ideales para las cuales se ha ideado el método, tales como: capas homogéneas e isótropas, con separaciones planas y paralelas, etc. Ello hace que los resultados obtenidos presenten un margen de error que podría llegar normalmente entre $\pm 10\%$ y $\pm 15\%$. En el cuadro N° 1 se muestra los valores típicos de resistividades de algunos medios y rocas.

CUADRO N° III-1: Resistividad de Aguas y Rocas

Tipos de Agua y Roca	Resistividad, Ohm-m
Agua de mar	0,2
Agua de acuíferos aluviales	10 – 30
Agua de manantiales	50 – 100
Arenas y gravas secas	1 000 – 10 000
Arenas y gravas con agua dulce	50 – 500
Arenas y gravas con agua salada	0,5 – 5
Arcillas	2 – 20
Margas	20 – 100
Calizas	300 – 10 000
Areniscas arcillosas	50 – 300
Areniscas cuarcíticas	300 – 10 000
Cineritas, tobas volcánicas	20 – 100
Lavas	300 – 10 000
Esquistos grafitosos.	0,5 – 5
Esquistos arcillosos o alterados.	100 – 300
Esquistos sanos	300 – 3 000
Gneis, granito alterados	100 – 1 000
Gneis, granito sano	1 000 – 10 000

Según: Geofísica aplicada a la Hidrogeología. ASTIER, Jean Louis. – Editorial Paraninfo. - Madrid - España.

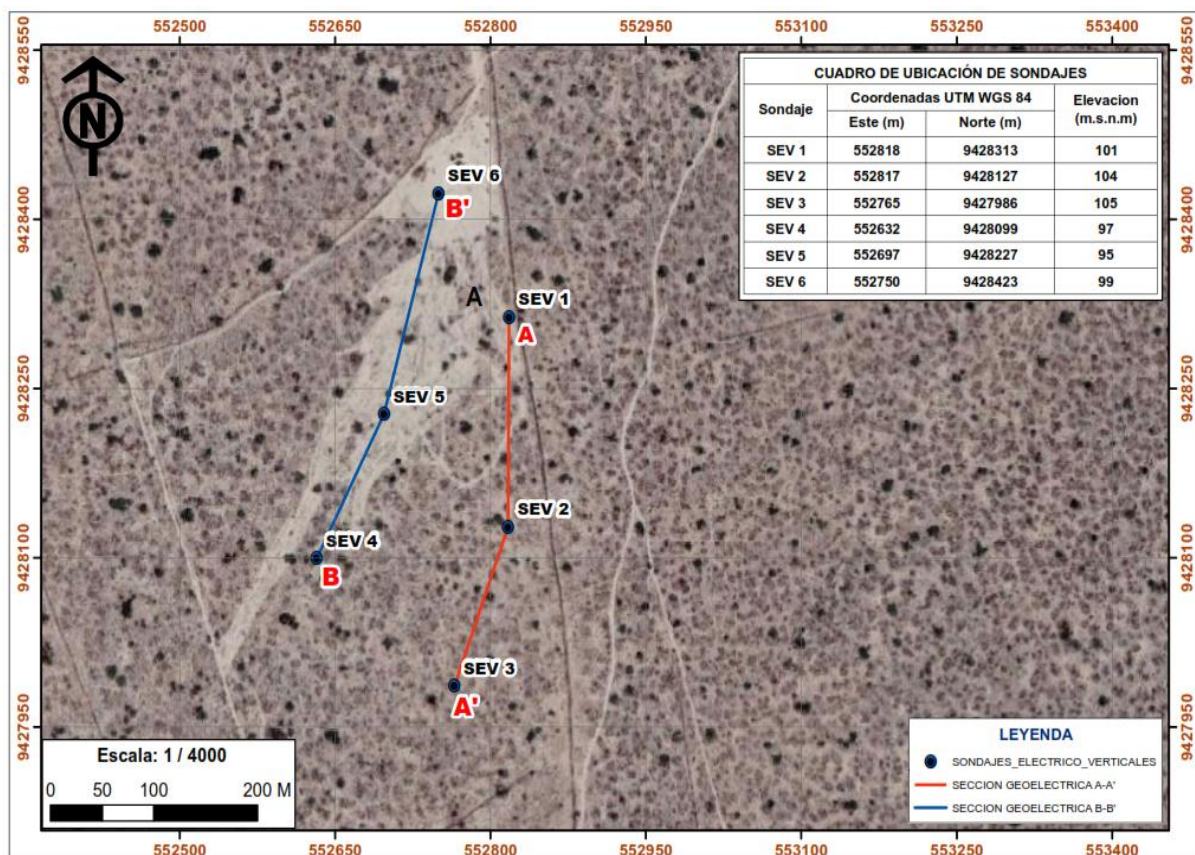
Para la presente investigación se han ejecutado 06 sondeos cuyas coordenadas UTM se muestran en el Cuadro N°3 y su interpretación es materia del presente estudio. El procesamiento de los datos de campo se realiza mediante el método de analogía y comparación con curvas teóricas establecidas.

A partir de los valores de resistividad reales y de los espesores de cada horizonte geoelectrico se ha hecho una estimación sobre la columna estratigráfica y las posibilidades hidrogeológicas de las diferentes capas del subsuelo.

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.

Previamente se verificó la ubicación de las estaciones lo que se hizo en coordinación con la persona encargada del proyecto. Esta ubicación ha sido ploteada en la siguiente figura.

FIGURA N° III-6: Ubicación de Sondeos y Secciones Geofísicas



Fuente: Elaboración Propia.

CUADRO N° III-2: Ubicación de Sondajes Coordenadas UTM

GPS – GARMIN		DATUM UTM WGS 84	
SEV N°	NORTE (m)	ESTE(m)	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	9'428,313	552,818	101.00
2	9'428,127	552,817	104.00
3	9'428,986	552,765	105.00
4	9'428,099	552,632	97.00
5	9'428,227	552,697	95.00
6	9'428,423	552,750	99.00

Fuente: Elaboración Propia.

INSTRUMENTAL Y EQUIPOS UTILIZADOS.

En la ejecución de los Sondajes Eléctrico – Verticales y para el procesamiento e interpretación de los mismos se han utilizado los siguientes instrumentos y equipos:

- Equipo incorporado de milivoltímetro y miliamperímetro Digitales.
- Fuente de energía conformada por baterías P100-NX (12V DC).
- Cables y electrodos.
- GPS Garmin de 12 canales.
- Cartografía del INGEMMET.
- Libretas de campo.
- Martillo de Geólogo.
- Wincha y estacas.
- Computadora Toshiba Core I7.
- Cámara fotográfica de 16 mpx.
- Vehículo de transporte.

FIGURA N° III-7: Equipos de Prospección Geoeléctrica



Fuente: Exploración Geofísica equipos Passi

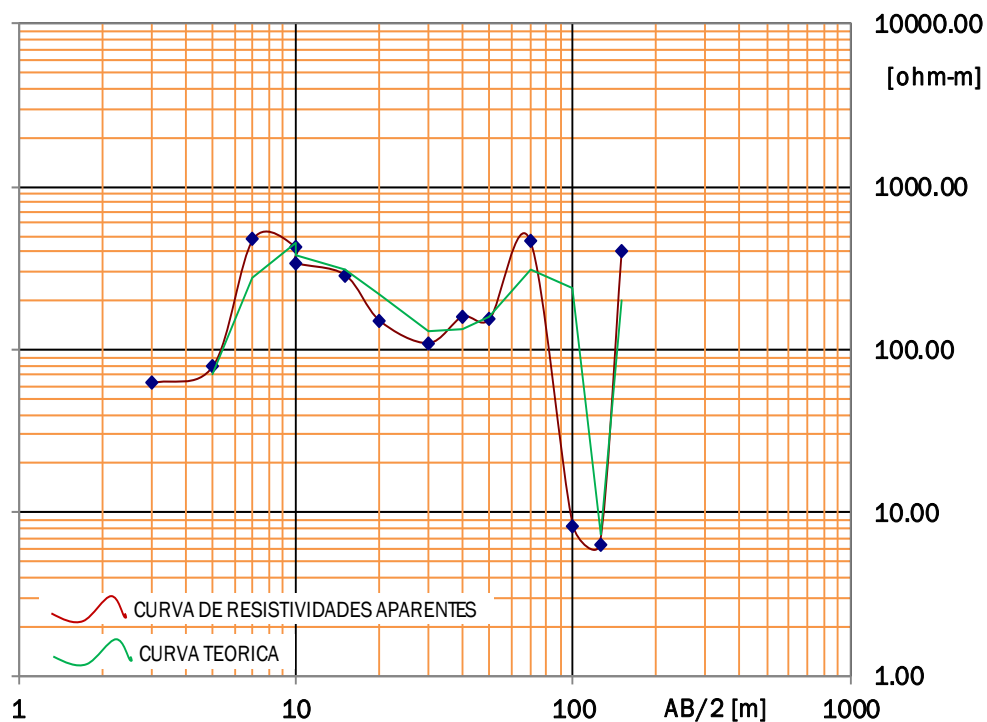
ANÁLISIS Y RESULTADOS.

Curvas de Resistividad:

Sondeo electrico Schlumberger - SEV N° 01

Zona: Predio Nuevo Progreso - Castilla - Piura.

Fecha: Noviembre 2018



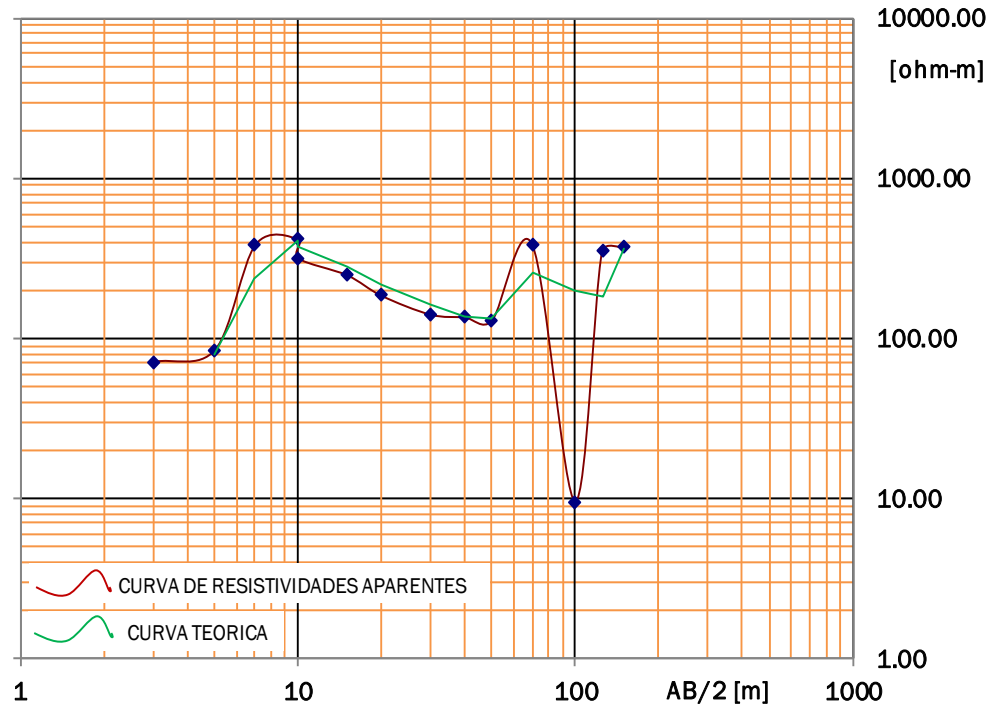
Ubicación del SEV X= 552818

Y= 9428313

Z= 101

Modelo

Resistividad [ohm-m]	Espesor [m]	Profundidad [m]	Altitud [m]
62.20	3	3	98
79.40	2	5	96
480.40	2	7	94
424.60	3	10	91
342.30	3	10	91
288.00	5	15	86
150.80	5	20	81
109.70	10	30	71
160.20	10	40	61
154.10	10	50	51
469.50	20	70	31
8.34	30	100	1
6.40	25	125	-24
398.10	25	150	-49
6.90	50	200	-99



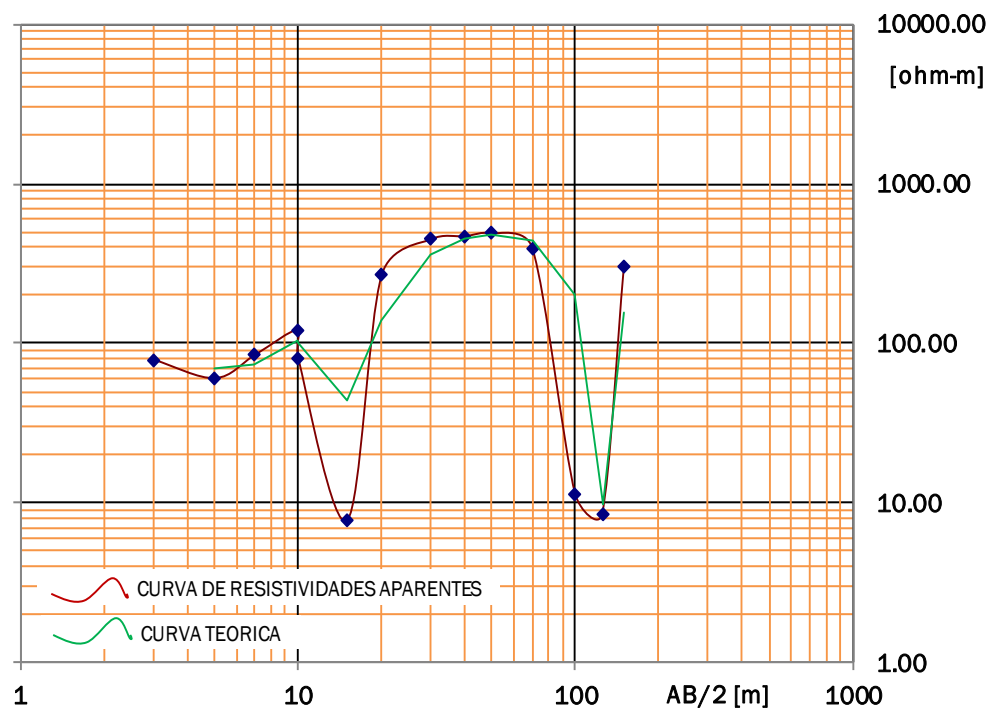
Ubicación del SEV X= 552817 Y= 9428127 Z= 104

Modelo

Resistividad [ohm-m]	Espesor [m]	Profundidad [m]	Altitud [m]
71.40	3	3	101
85.00	2	5	99
388.50	2	7	97
419.30	3	10	94
318.90	3	10	94
249.80	5	15	89
185.40	5	20	84
141.30	10	30	74
135.60	10	40	64
129.40	10	50	54
388.50	20	70	34
9.50	30	100	4
350.90	25	125	-21
369.40	25	150	-46
7.30	50	200	-96

Sondeo electrico Schlumberger - SEV N° 03
Zona: Predio Nuevo Progreso - Castilla - Piura.

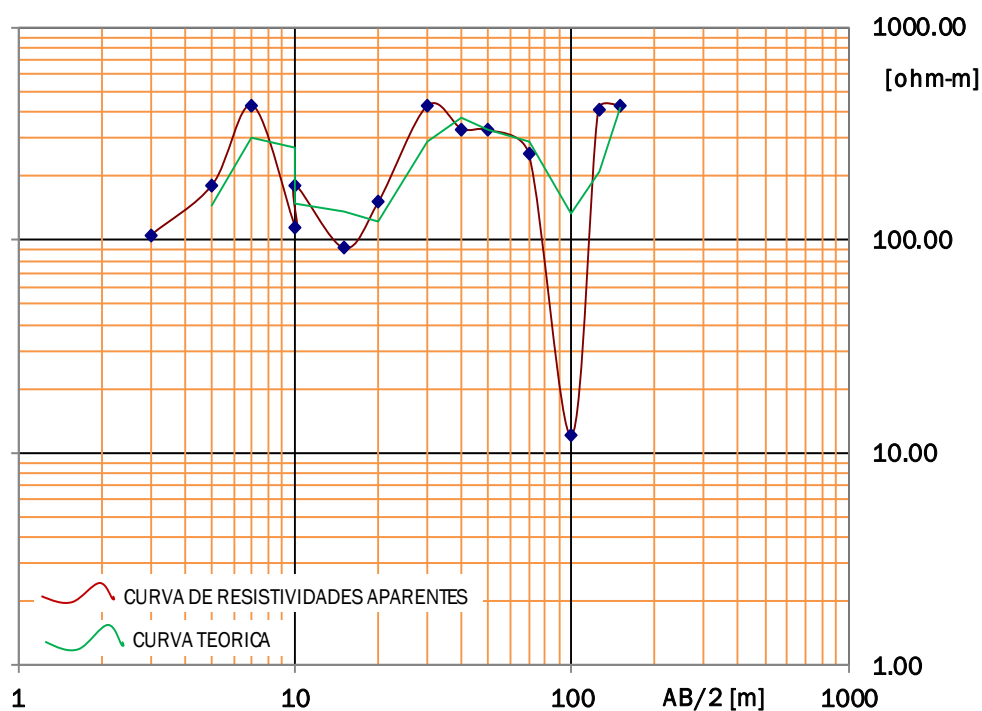
Fecha: Noviembre 2018



Ubicación del SEV X= 552765 Y= 9428986 Z= 105

Modelo

Resistividad [ohm-m]	Espesor [m]	Profundidad [m]	Altitud [m]
79.20	3	3	102
60.70	2	5	100
85.40	2	7	98
122.10	3	10	95
80.50	3	10	95
7.80	5	15	90
268.80	5	20	85
448.60	10	30	75
470.50	10	40	65
490.60	10	50	55
396.70	20	70	35
11.40	30	100	5
8.50	25	125	-20
306.10	25	150	-45
7.50	50	200	-95



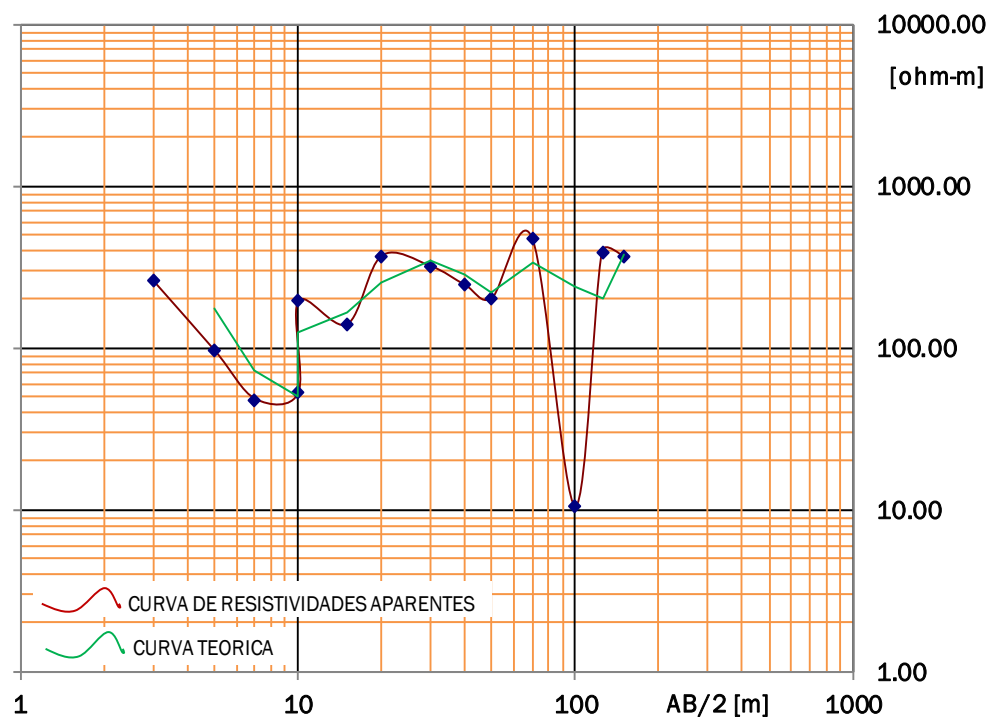
Ubicación del SEV X= 552632 Y= 9428099 Z= 97

Modelo

Resistividad [ohm-m]	Espesor [m]	Profundidad [m]	Altitud [m]
105.40	3	3	94
181.70	2	5	92
427.20	2	7	90
114.90	3	10	87
179.80	3	10	87
91.40	5	15	82
151.30	5	20	77
425.80	10	30	67
332.10	10	40	57
326.90	10	50	47
252.80	20	70	27
12.00	30	100	-3
410.50	25	125	-28
425.00	25	150	-53
7.00	50	200	-103

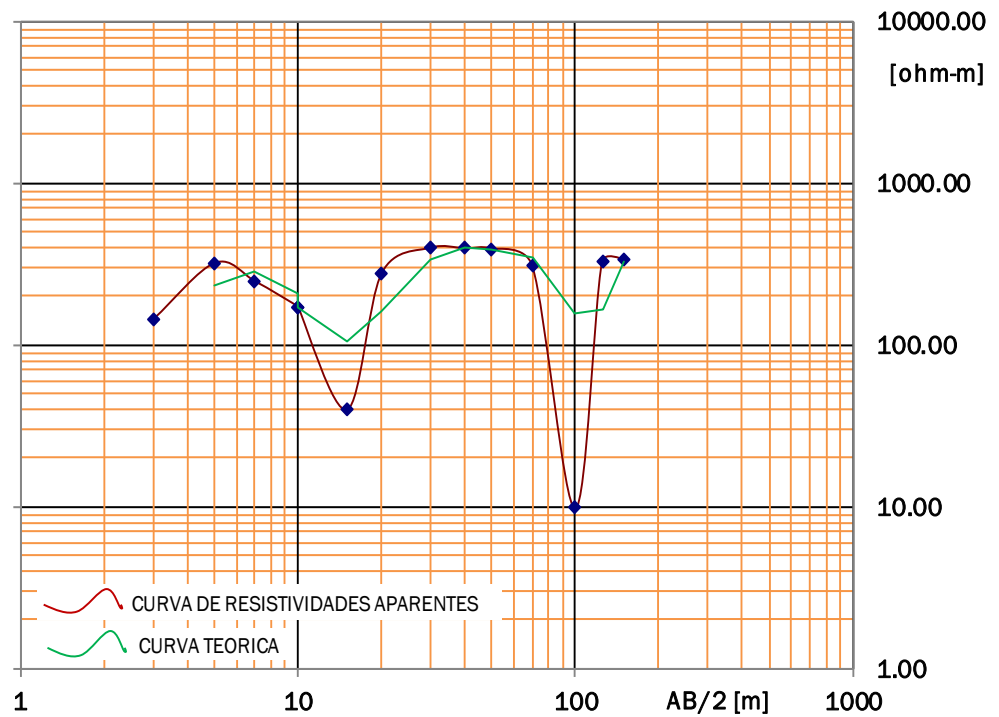
Sondeo electrico Schlumberger - SEV N° 05
Zona: Predio Nuevo Progreso - Castilla - Piura.

Fecha: Noviembre 2018



Ubicación del SEV X= 552697 Y= 9428227 Z= 95

Modelo			
Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
[ohm-m]	[m]	[m]	[m]
258.10	3	3	92
95.60	2	5	90
48.20	2	7	88
52.80	3	10	85
194.90	3	10	85
139.50	5	15	80
369.90	5	20	75
319.70	10	30	65
244.20	10	40	55
202.80	10	50	45
473.00	20	70	25
10.50	30	100	-5
393.20	25	125	-30
365.30	25	150	-55
6.10	50	200	-105



Ubicación del SEV X= 552750 Y= 9428423 Z= 99

Modelo

Resistividad [ohm-m]	Espesor [m]	Profundidad [m]	Altitud [m]
145.40	3	3	96
321.90	2	5	94
247.00	2	7	92
172.90	3	10	89
170.50	3	10	89
40.10	5	15	84
278.30	5	20	79
399.00	10	30	69
395.70	10	40	59
394.60	10	50	49
307.80	20	70	29
9.86	30	100	-1
325.30	25	125	-26
338.90	25	150	-51
6.40	50	200	-101

Valoración Cuantitativa:

En base al procesamiento y la interpretación de las curvas de resistividades aparentes se han establecido los siguientes parámetros para cada uno de los sondajes:

- a) Número de capas geoelectricas.
- b) Resistividad real por capa geoelectrica, en ohm-m.
- c) Espesor de cada capa, en m.
- d) Se observa que los resultados difieren considerablemente en los 06 puntos investigados. En las figuras 03 y 04 se presentan las secciones geoelectricas A-A', B-B' y C-C', que muestran las estructuras de los acuíferos en los diferentes puntos de investigación. En las secciones geoelectricas se observa claramente la correlación estratigráfica.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de la interpretación de las curvas de resistividades aparentes obtenidos en los 06 puntos investigados. Se han determinado las resistividades reales y el espesor aproximado de cada una de las capas del subsuelo y en base a estos dos parámetros se ha definido la naturaleza de los diferentes materiales geológicos y cualitativamente su permeabilidad, su resistencia transversal y la salinidad del agua subterránea.

CUADRO N° III-3: Resultados de la Interpretación de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs)

N° SEV	PARÁMETROS	CAPAS GEOELÉCTRICAS				
		1	2	3	4	5
1	ρ (Ohm-m)	225.22	469.50	7.37	398.10	6.90
	H (m)	50.00	30.00	40.00	30.00	50.00
	D (m)	50.00	80.00	120.00	150.00	200.00
2	ρ (Ohm-m)	212.46	388.50	9.50	360.15	7.30
	H (m)	50.00	20.00	40.00	30.00	60.00
	D (m)	50.00	70.00	110.00	140.00	200.00
3	ρ (Ohm-m)	200.42	396.70	9.95	306.10	7.50
	H (m)	50.00	20.00	50.00	20.00	60.00
	D (m)	50.00	70.00	120.00	140.00	200.00
4	ρ (Ohm-m)	233.65	252.80	12.00	417.75	7.00
	H (m)	50.00	25.00	30.00	35.00	60.00
	D (m)	50.00	75.00	105.00	140.00	200.00
5	ρ (Ohm-m)	192.57	473.00	10.50	379.25	6.10
	H (m)	50.00	30.00	40.00	40.00	40.00
	D (m)	50.00	80.00	120.00	160.00	200.00
6	ρ (Ohm-m)	256.54	307.80	9.86	332.10	6.40
	H (m)	50.00	20.00	30.00	40.00	60.00
	D (m)	50.00	70.00	100.00	140.00	200.00
ρ = Resistividad en ohm-m. H = Espesor de la capa, en m. D = Profundidad de la Capa, en m.						

Fuente: Resultado de Prospección Geoeléctrica

Valoración Cualitativa:

Mediante el análisis de los resultados mostrados en el cuadro anterior y de las secciones geoelectricas, podemos establecer la existencia de estructuras cuya descripción litológica e hidrogeológica se detalla a continuación:

CUADRO N° III-4: Descripción Litológica e Hidrogeológica

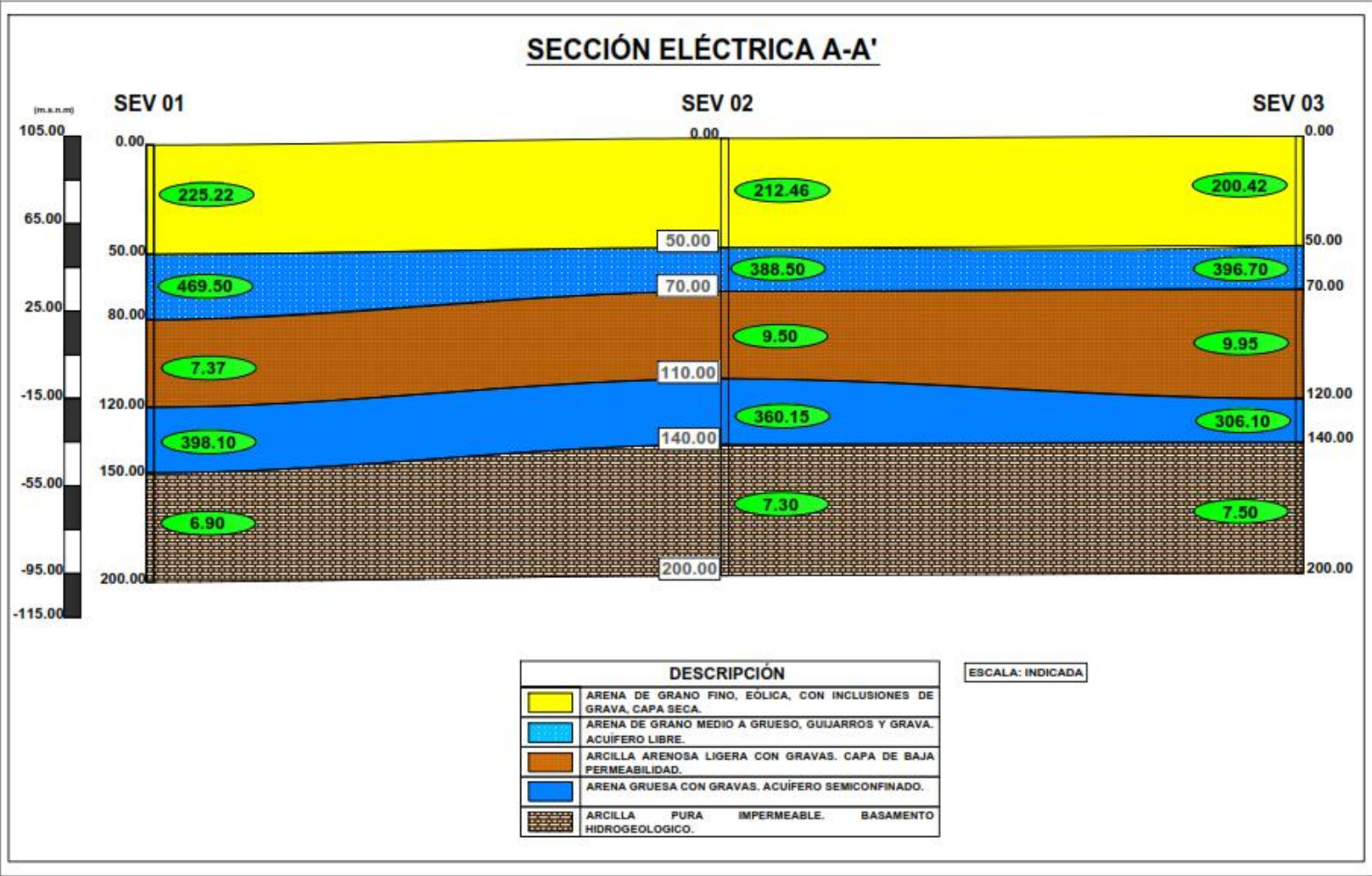
CAPA N°	DESCRIPCIÓN Y ATRIBUCIÓN LITOLÓGICA	ρ Ohm-m	H m	D m
		PROMEDIO		
1	Capa geoelectrica superior constituida por arena eólica de grano fino con inclusiones de grava e intercalaciones delgadas de arcilla. capa de mediana permeabilidad. Capa seca Su resistividad varía de 192.57 hasta 256.54 ohm-m y su espesor acumulado es de 50.00m	220.14	50.00	50.00
2	Segunda capa geoelectrica, conformada por arena de grano medio con inclusiones de grava y guijarros e intercalaciones delgadas de arcilla. Capa de mediana permeabilidad saturada con agua de mediano grado de mineralización. Acuífero libre. Su resistividad varía desde 252.80 hasta 473.00 ohm-m y su espesor acumulado varía desde 20.00m., hasta 30.00m.	381.38	24.17	80.00
3	Tercera capa geoelectrica, constituidas por arcilla arenosa pesada con inclusiones de grava, y guijarros e intercalaciones delgadas de arcilla. Capa de muy baja permeabilidad. Su resistividad varía desde 7.37 hasta 12.00 ohm y su espesor acumulado varía desde 30.00m., hasta 50.00m.	9.86	38.33	120.00
4	Capa geoelectrica conformada por arena de grano distinto, con inclusiones de gravas guijarros y cantos rodados e intercalaciones delgadas de arcilla. Capa de mediano a alto grado de permeabilidad saturada con agua de bajo grado de mineralización, constituye el acuífero principal de tipo semiconfinado. Su resistividad varia de 306.10a 417.75ohm-m y sus espesores acumulado varían desde 20.00m., hasta 40.00m.	365.24	26.60	150.00

5	Capa geoelectrica de fondo constituida por arcilla pura impermeable, basamento hidrogeológico. Su resistividad varía desde 6.10 a 7.50 ohm y sus espesores acumulados hasta la profundidad de investigación varían de 40.00m., hasta 60.00m.	6.87	55.00	200.00
---	--	------	-------	--------

Fuente: Resultado de Prospección Geoelectrica

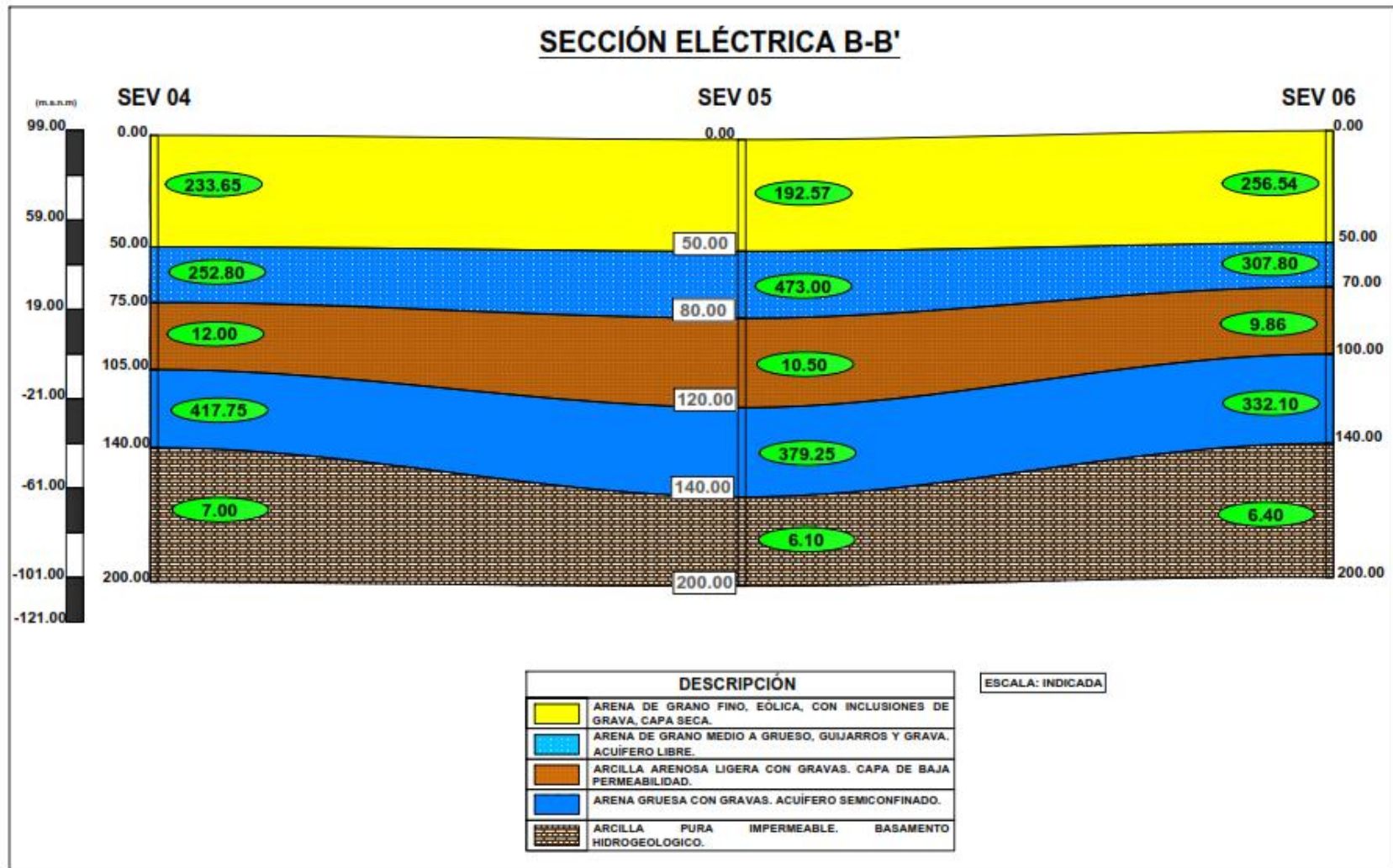
Secciones Geoelectricas:

FIGURA N° III-8: Sección Geoelectrica A-A'



Fuente: Resultados Prospección Geoelectrica.

FIGURA N° III-9: Sección Geoelectrica B-B'



Fuente: Resultados Prospección Geoelectrica.

Resistividades del horizonte permeable saturado.

En el Plano N° 05 se presentan las curvas de las resistividades del horizonte permeable saturado, se presentan variaciones entre 306.10 a 417.75 Ohm-m, lo que lo hace horizonte con resistividades promedio, con agua de mediano a alto grado de mineralización.

Espesores del horizonte permeable saturado.

Estas curvas se muestran en el Plano N° 06, donde se muestran las variaciones de los espesores del horizonte productivo; es decir, la parte más importante del acuífero, permitirán recomendar fuentes de agua subterránea (pozos) de exploración-explotación con profundidades que atraviesen el horizonte aprovechable. Encontrando espesores del horizonte permeable saturado entre 20 – 40 m. El mayor espesor se encuentra en el SEV 05.

Basamento rocoso impermeable.

En el anexo de secciones geoelectricas se muestra el Basamento hidrogeológico, esto hace referencia a la zona subterránea en la cual se encuentra el basamento confinado e impermeable. El basamento se presenta a partir de los 140 m en promedio. El basamento rocoso se evidencio en profundidad investigada de 200 m. en la zona de ejecución del proyecto.

Claves de lectura:

Para analizar cada sondaje, específicamente y en detalle, se debe recurrir al cuadro de resultados numéricos correspondiente y a la sección geoelectrica. El cuadro de resultados resume todos los valores obtenidos de la interpretación numérica o cuantitativa de todos los Sondajes Eléctrico Verticales ejecutados. Las curvas de resistividades aparentes se anexan en la parte final del presente estudio.

HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA DEL AREA DE INVESTIGACION.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA.

La zona de estudio se emplaza en la cuenca del Río Piura. Esta cuenca limita por el norte con el Río Chira, por el Sur con la Quebrada Ñamuc (Desierto de Sechura), por el este con la cuenca del Río Huamcabamba, y por el oeste con la llanura del desierto de Sechura. La naciente se ubica en la divisoria de aguas con el río Huancabamba, cerros Lipuaja y Torotón, ubicado a más de 3,000 m.s.n.m y a una distancia de aproximadamente 230 km. de la ciudad de Piura. En general el curso del río Piura sigue un rumbo Nor Oeste hasta Tambogrande donde se inicia una amplia curva hacia el valle del bajo Piura que va a terminar en la laguna Ramón, cerca del Océano Pacífico. Entre los principales afluentes podemos mencionar los Ríos Huarmaca, Bigote, Charanal y Yapatera.

En función de sus cursos la cuenca se divide en 3 sectores: Alto Piura, entre su naciente y Tambogrande, Medio Piura, entre Tambogrande y la Ciudad de Piura, y Bajo Piura, entre la ciudad de Piura y el Océano Pacífico. En promedio el río tiene pendiente suave y cauce sinuoso.

METEOROLOGÍA.

La información meteorológica ha sido recopilada del Proyecto Especial Chira Piura, en base a los registros de la estación climatológicas principal de Miraflores (Castilla- Piura)

PRECIPITACION:

La precipitación media, sin considerar los años 1983 y 1998, no presenta variaciones significativas, produciéndose normalmente entre los meses de Enero y Abril, con valores que oscilan entre 29.2 mm en el mes de Marzo a 6.1mm en el mes de Abril; en los demás meses del año la precipitación es prácticamente nula. El promedio anual de la precipitación, sin considerar los años del fenómeno del niño es de 65.0 mm, que indica claramente déficit de agua en la zona.

TEMPERATURA:

La temperatura alcanza un valor medio anual de 23.3°C, oscilando de 27°C en marzo a 20.4° c en agosto. La máxima temperatura media, varía de 33.9°C en febrero a 27.3° c en Julio. La temperatura mínima media, varia de 22.4 °c en febrero a 16.4 ° c en Setiembre.

HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa de la zona tiene un valor medio anual de 70%, variando de 74% en Julio a 65% en febrero.

EVAPORACION:

La zona de estudio presenta un total medio anual de 254.4 mm al aire libre y 1718.6 mm a la sombra.

HORAS DE SOL:

En la zona de estudio el promedio de horas de sol es de 6.9 horas / día.

VELOCIDAD DE VIENTO:

La velocidad del viento de la zona de estudio presenta un promedio anual de 3.8 m /seg

En resumen, el clima del área de estudio varia de cálido a semicalido, sin grandes variaciones en sus elementos para el promedio anual.

Disponibilidad de Agua Superficial.

La única fuente de agua superficial en la zona es la del rio Piura. Este rio presenta un promedio anual de 26,8 m³/seg, equivalentes a 845 millones de metros cúbicos. Las mayores descargas se presentan en los meses de marzo y abril, con un valor de 110.4 m³/ seg y 88.3 m³/ seg, equivalentes al 35% y 25 % de masa media anual, respectivamente.

Recarga del Acuífero.

El río Piura constituye el único alimentador del acuífero. Las lluvias, por su irregularidad no constituyen un factor de recarga significativo.

Los porcentajes de pérdida de agua superficial en el lecho del río Piura se estiman entre 20% y 24%.

INVENTARIO DE POZO O FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA.

Para ejecutar una investigación hidrogeológica es indispensable conocer la situación actual de las fuentes de agua subterránea; para ello se ha elaborado un inventario, con la finalidad de determinar la cantidad actual de las fuentes de agua subterránea, su estado y explotación; así como sus niveles estáticos y caudales.

Se ha elaborado un inventario en base a la información proporcionada por la AAA Jequetepeque – Zarumilla con el inventario del año 2014., con la finalidad de determinar la cantidad actual de las fuentes de agua subterránea, su estado y explotación; así como sus niveles estáticos y caudales.

Para el presente estudio; Se ubicaron ocho (08) fuentes de agua subterránea, todos tubulares. La ubicación de las fuentes de agua subterránea se puede observar en la Lámina N° 08.

➤ Situación actual de los pozos inventariados

Se identificaron ocho (08) fuentes de agua subterránea, todos ellos fueron pozos tubulares, que fueron perforados para distintos usos (agrícola, poblacional, pecuario). En el siguiente cuadro se detalla el estado actual de los pozos inventariados en relación a su equipamiento y utilización.

CUADRO N° III-5: Estado actual de los pozos inventariados

IRHS	Nombre del Pozo	Equipamiento	Estado del Pozo
051	Campo Exp. UAP	Con Equipo	Utilizado
053	Campo Experimental Alas Peruanas	Con Equipo	Utilizado
068	Santa Clara	Con Equipo	Utilizado
069	Club Recreativo Atlanthis	Con Equipo	Utilizado
070	El Angel	Con Equipo	Utilizado
071	Hospedaje Manhatan	Con Equipo	Utilizado
S/N	Campo Exp. UAP	Con Equipo	Utilizado
S/N	Club Recreativo Atlanthis	Sin Equipo	Utilizable

Fuente: Autoridad Nacional del agua ANA

➤ **EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.**

En base a los valores de explotación de aguas subterráneas de los pozos tomados del inventario se logra obtener un volumen total de explotación anual en la zona lo que nos permite determinar el balance hídrico.

En el siguiente cuadro se detallan los volúmenes anuales que se explotan de los pozos inventariados. El volumen total es de 1'416,096 m³/año, equivalente a 1.42 Hm³/año.

CUADRO N° III-6: Explotación de agua subterránea en la zona de estudio

IRHS	Nombre del Pozo	Uso	Volumen de Explotación (m³/año)
051	Campo Exp. UAP	Doméstico	990,756.00
053	Campo Experimental Alas Peruanas	Doméstico	65,700.00
068	Santa Clara	Doméstico	15,768.00
069	Club Recreativo Atlanthis	Doméstico	10,368.00
070	El Angel	Agrícola	18,144.00
071	Hospedaje Manhattan	Agrícola	262,800.00
S/N	Campo Exp. UAP	Agrícola - Pecuario	52,560.00
S/N	Club Recreativo Atlanthis	--	990,756.00
Volumen total anual =			1'416,096.00

Fuente: Autoridad Nacional del agua ANA

CUADRO N° III-7: Inventario de Pozos y Fuentes de Agua Subterránea

IRHS	NOMBRE DEL POZO	COTA DEL TERRENO (m.s.n.n)	COORDENADAS UTM WGS84		PERFORACION			EQUIPO DE BOMBEO			NIVELES DE AGUA Y CAUDAL						C.E (mS/cm) 25 C°	PH	REGIMEN DE APROVECHAMIENTO								OBSERVACIONES	
											P.R. SUELO	N. ESTATICO		CAUDAL (L/S)	N. DINAMICO				ESTADO DEL POZO	USO	REGIMEN DE EXPLOTACION				VOLUMEN (m³/año)			
			PROF. (m)	m.s.n.m	PROF. (m)	m.s.n. m	h/d	d/s	s/m	m/a																		
51	EPS GRAU – CIUDAD DEL NIÑO	49	545500	9425849		T	-	-	0.38	BANSA	S	8"	0.45	44.30	5.15	58.00	58.25	-8.80	0.55	6.90	U	D	13.00	7.00	-	12.00	-	Pozo agua potable
53	UNIV. ALAS PERUANAS	57	546128	9426461		T	-	-	0.17	-	S	2"	0.00	-	-	3.00	-	-	0.39	7.07	U	D	-	-	-	-	-	No se tomaron datos
68	CAMPO EXP. UAP	47	547151	9426639	2012	T	80.00	-	-	-	S	4.5"	0.40	38.60	8.8	25.00	49.5	-2.1	2.75	7.41	U	A	-	-	-	-	-	Pozo para riego de diferente cultivo
69	CLUB RECREATIVO ATLANTHIS	53	546555	9426770	2007	T	120.00	-	0.30	-	S	4"	0.00	45.70	7.3	10.00	-	-	0.16	6.9	U	D	12.00	7.00	-	-	-	Para uso recreativo
70	HOSPEDAJE MANHATAN	53	545904	9426994	2013	T	90.00	-	0.23	-	S	2.5"	0.20	29.60	23.6	4.00	-	-	0.19	6.9	U	D	-	-	-	-	-	Ninguna
71	CAMPO EXPERIMENTAL ALAS PERUANAS	71	547256	9427270	2013	T	80.00		0.28	-	S	2"	0.00	-	-	3.00	-	-	3.83	6.90	U	A	5.00	6.00	-	-	-	No se tomaron datos
S/N	SANTA CLARA	57	548792	9427452	2016	T	113.00	92.40	12"	RENTAX	S	2"	0.50	42.50	15.00	8.00	51.65	5.85	1.80	7.85	U	A-P						Utilizado para cria de animales y siembre de cultivos caseros
S/N	EL ANGEL	58	549011	9427471	2016	T	115.00	92.50	10"	-	-		0.00	28.55	29.45	-	-	-	-	-	U	-	8.00	6.00	-	-	-	Sin equipar
<div>T = Tubular</div> <div>S = Sumergible E = Electrobomba.</div> <div>A = Agrícola D = Poblacional I = Industrial P = Pecuário</div> <div>U= Utilizado</div>																												

Fuente: Autoridad Nacional del agua ANA

3.4. Aspectos éticos.

La investigación se ejecutó cumpliendo con las disposiciones legales de auto abastecimiento de agua busca como resultado la construcción de una adecuada obra de captación que permita el abastecimiento del recurso vital en el predio. Se entiende que esta obra de captación no causara mayores trastornos o implicancias ambientales ni ningún tipo de trastorno ecológico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Resultados.

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE ACUIFERO:

El acuífero Zapallal es la principal fuente de alimentación de agua subterránea en la zona investigada, considerado como uno de los acuíferos más importantes a nivel nacional.

El acuífero Zapallal abastece de agua subterránea a todo el valle del Medio y Bajo Piura, para uso agrario, poblacional, minero, etc. Desde su descubrimiento hasta la actualidad la explotación del acuífero ha aumentado considerablemente, poniendo en riesgo la explotación en algunas zonas.

- Ubicación

El acuífero Zapallal se encuentra ubicado en el norte del Perú, se extiende entre los 5° S y 6.5° S y entre los 80° O y 81° O, abarcando más de 10,000 Km², siendo casi en su totalidad la parte media y baja del valle del río Piura. En la Figura N° 08 se puede observar la extensión del acuífero Zapallal.

- Geometría del acuífero.

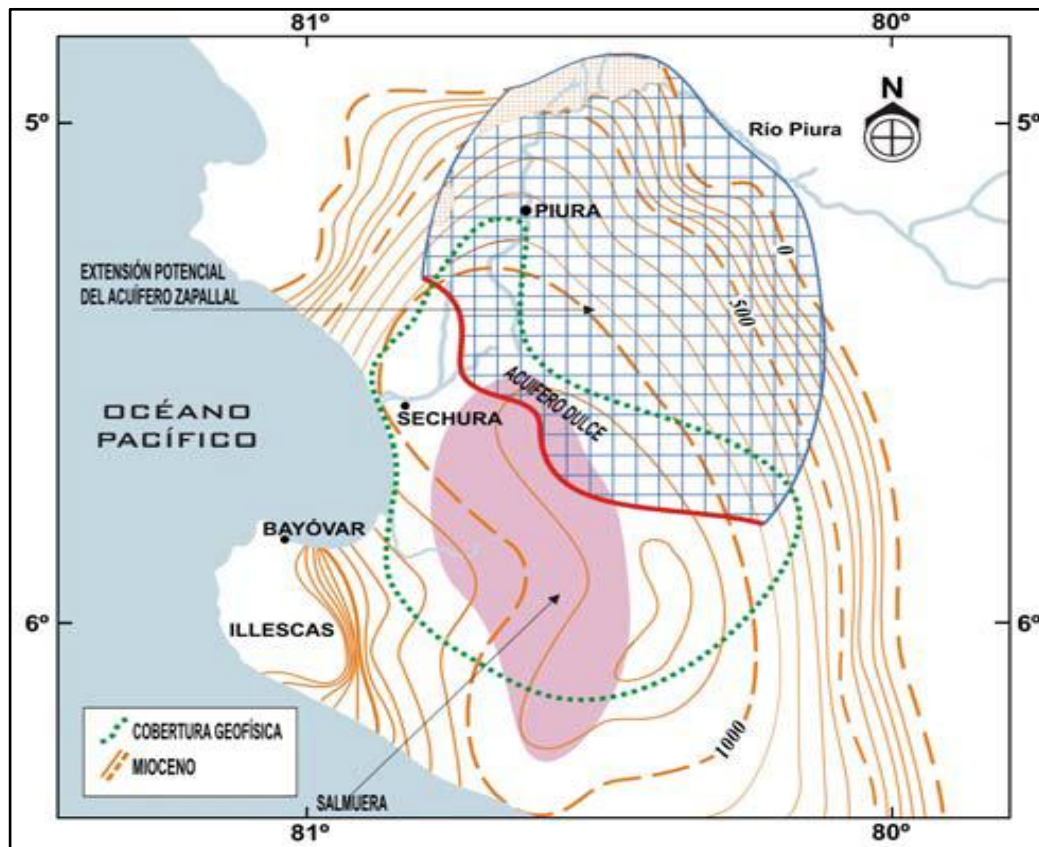
Forma y límites

El acuífero superficialmente tiene forma de un rectángulo irregular y se encuentra delimitado por afloramientos rocosos representado por los cerros, Illescas, Chalaco, Tablazo, Vice y Chusis.

- Dimensión

El acuífero entre los sectores Sechura y Parachique tiene un ancho promedio de 45 Km. el mismo que se va incrementando progresivamente hasta alcanzar una longitud de 75 Km., entre los sectores de Catacaos – Loma Vegón, y finalmente hacia el Océano Pacífico se ensancha hasta 120 Km.

FIGURA N° IV-1: Dimensión del Acuífero Zapallal



Fuente: Arce Geofísicos 1963.

LA NAPA FREÁTICA.

La napa freática en un acuífero es una superficie propia comprobable a la de una superficie topográfica, con depresiones, ondulaciones, cambios de dirección y pendiente, etc.

La medición de los niveles en los pozos se ha ejecutado con una sonda eléctrica, y se ha efectuado cuando los pozos se encuentran en estado de equilibrio (apagados); y uniendo cotas y profundidades de igual valor, obteniendo las curvas de isoprofundidad e hidroisohipsas respectivamente. El análisis de estos planos con los registros de la napa freática permitió inferir en lo siguiente:

- Isoprofundidad.

La profundidad de los niveles estáticos en la zona de estudio varía desde los 28.55 m hasta 45.70 m para los pozos inventariados (ver

cuadro de inventario). En la Lámina N° 09 se pueden observar las curvas de isoprofundidad. En el predio de la asociación se estima un nivel estático entre los 30.00 y 35.00 m. de profundidad.

- **Hidroisohipsas.**

En dicha lámina se indican las cotas del nivel estático. Las hidroisohipsas permiten obtener la dirección del flujo subterráneo, habiéndose obtenido en este caso una dirección principal del agua subterránea de Noreste a Suroeste. Las cotas de los niveles freáticos varían desde 5.15 hasta 29.45 m.s.n.m. para los pozos inventariados. Las curvas de hidroisohipsas se pueden observar en el Lámina N° 10.

➤ **Recarga y descarga del acuífero**

Las fuentes de alimentación o de recarga del acuífero en la zona de estudio son:

- Aporte a masas de agua por precipitación.
- Flujo subterráneo proveniente de la infiltración del río Piura.
- Flujo subterráneo proveniente de la infiltración de drenes aledaños.
- Aporte de agua de infiltración a partir de algunas superficies agrícolas.

Las zonas de descarga son principalmente:

- Quebradas.
- Pozos de agua subterránea.

CUADRO N° IV-1: Niveles de agua y cotas subterráneas

IRHS	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Cota (m.s.n.m)	Tipo Pozo	Isoprofundidad (m)	Hidroisohipsas (m.s.n.m)
		Este	Norte				
051	EPS GRAU – CIUDAD DEL NIÑO	545500	9425849	49.00	Tubular	44.30	5.15
053	UNIV. ALAS PERUANAS	546128	9426461	57.00	Tubular	---	---
068	CAMPO EXP. UAP	547151	9426639	47.00	Tubular	38.60	8.80
069	CLUB RECREATIVO ATLANTHIS	546555	9426770	53.00	Tubular	45.70	7.30
070	HOSPEDAJE MANHATAN	545904	9426994	53.00	Tubular	29.60	23.60
071	CAMPO EXPERIMENTAL ALAS PERUANAS	547256	9427270	71.00	Tubular	---	---
S/N	SANTA CLARA	548792	9427452	57.00	Tubular	42.50	14.50
S/N	EL ANGEL	549011	9427471	58.00	Tubular	28.55	29.45

Fuente: Inventario de Pozos ANA.

HIDRODINAMICA SUBTERRANEA.

Dentro de un estudio o investigación hidrogeológica, así como del planeamiento del recurso hídrico subterráneo es necesario cuantificar la capacidad de almacenar y de transmitir el agua en un acuífero, siendo para ello necesario definir las características hidráulicas del mismo. Estas características son determinadas por el valor de ciertas constantes denominadas parámetros hidrogeológicos, los cuales se han obtenido realizando prueba de bombeo en la zona en estudio.

PRUEBA SE BOMBEO:

Es ejecutada con la finalidad de evaluar un acuífero, estimulándolo por medio de bombeo, y observando su respuesta (descenso y recuperación del nivel de agua). Una prueba de bombeo es una herramienta común utilizada en hidrogeología para caracterizar un sistema de acuífero.

Se ha ejecutado 01 prueba de bombeo, en el Pozo “Santa Clara” con IRHS S/N, el cual se encuentra ubicado a una distancia de 800.00 m del predio evaluado. Las pruebas se realizaron en el mes de octubre del 2018. La interpretación de resultados ha sido elaborada según el método de Theis – Jacob en régimen transitorio con caudal constante.

PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS:

Los parámetros hidrogeológicos determinados son los siguientes:

➤ Transmisividad (T)

Es el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en la unidad de tiempo y bajo la carga de un metro. Es representativa de la capacidad que tiene el acuífero para ceder agua. Se calcula utilizando la siguiente formula:

$$T = 0.183 * \frac{Q}{\Delta s}$$

Donde:

$T \text{ (m}^2/\text{día)} = \text{transmisividad}$

$Q \text{ (m}^3/\text{día)} = \text{caudal de explotación}$

$\Delta s \text{ (m)} = \text{descenso en un ciclo con la recta ajustada}$

En el siguiente cuadro se muestran los valores de transmisividad y sus posibilidades de explotación.

CUADRO N° IV-2: Valores de transmisividad

T (m²/día)	Calificación estimativa	Posibilidades de acuífero
T < 10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
10 < T < 100	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
100 < T < 500	Media	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
500 < T < 1000	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
T > 1000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

Fuente: Iglesias 2002

➤ **Conductividad hidráulica o permeabilidad (K)**

Es el flujo de agua que atraviesa una sección unitaria de acuífero, bajo la influencia de un gradiente unitario, a temperatura de campo. La permeabilidad K se obtiene como cociente entre la transmisividad (T) y el espesor del acuífero (E). La fórmula para calcular la permeabilidad es:

$$K = \frac{T}{E}$$

Una calificación cualitativa de los valores de la permeabilidad puede verse en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° IV-3: Calificación de la permeabilidad

K (m/día)	Calificación estimativa
$K < 10^{-2}$	Muy baja
$10^{-2} < K < 1$	Baja
$1 < K < 10$	Media
$10 < K < 100$	Alta
$K > 100$	Muy alta

Fuente: Iglesias 1984

➤ **Coefficiente de almacenamiento**

Es adimensional. Se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico (o la presión). Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico. Tenemos que el coeficiente de almacenamiento varía entre:

En un acuífero libre: $S = 0.05 - 0.03$

En acuíferos confinados: $S = 10^{-3} - 10^{-5}$

Sin embargo, en la zona de investigación no se han encontrado pozos de observación; por lo que se han tomado los valores que se encuentran en el “Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle del Medio y Bajo Piura” (2004) en el cual se ha encontrado un coeficiente de almacenamiento igual a:

$$S = 0.0012$$

En el Cuadro siguiente, se indican los parámetros hidrogeológicos calculados al ejecutar la prueba de bombeo.

CUADRO N° IV-4: Parámetros hidrogeológicos

POZO	S	T (m ² /día)			K (m/día)		
		Descenso	Recuperación	Promedio	Descenso	Recuperación	Promedio
Santa Clara	0.0012	71.87	89.08	80.48	1.11	1.37	1.24

Fuente: Elaboración Propia (Resultados de Prueba de Bombeo)

De acuerdo al Cuadro anterior, se ha obtenido que la transmisividad es 80.48 m²/día, mientras que la conductividad hidráulica es 1.24 m/día. Por lo tanto, el acuífero presenta una clasificación media en relación a los parámetros determinados. Se proyecta explotar un caudal de 10 l/s.

➤ **Radio de influencia (Ra)**

El método de interpretación utilizado, considerando el fenómeno de la evolución transitoria de los niveles piezométricos, es el de la fórmula de no equilibrio, de la aproximación semilogarítmica de Theis-Jacob y que se traduce analíticamente por la relación siguiente:

$$Ra = 1.5 * \sqrt{\frac{T * t}{S}}$$

Donde:

Ra = radio de influencia (m).

T = transmisividad (m²/día).

t = tiempo bombeo (día).

S = coeficiente de almacenamiento.

El siguiente Cuadro muestra los radios de influencia calculados.

CUADRO N° IV-5: Radios de influencia

TIEMPO DE BOMBEO (Horas)	TIEMPO BOMBEO (Día)	S	T (m²/día)	Ra (m)
1	0.042	0.0012	80.48	79.29
2	0.083	0.0012	80.48	112.13
3	0.125	0.0012	80.48	137.34
4	0.167	0.0012	80.48	158.58
5	0.208	0.0012	80.48	177.30
6	0.250	0.0012	80.48	194.22
7	0.292	0.0012	80.48	209.79
8	0.333	0.0012	80.48	224.27
9	0.375	0.0012	80.48	237.87
10	0.417	0.0012	80.48	250.74
11	0.458	0.0012	80.48	262.98
12	0.500	0.0012	80.48	274.67
13	0.542	0.0012	80.48	285.89
14	0.583	0.0012	80.48	296.68
15	0.625	0.0012	80.48	307.09
16	0.667	0.0012	80.48	317.17
17	0.708	0.0012	80.48	326.93
18	0.750	0.0012	80.48	336.40
19	0.792	0.0012	80.48	345.62
20	0.833	0.0012	80.48	354.60
21	0.875	0.0012	80.48	363.36
22	0.917	0.0012	80.48	371.91
23	0.958	0.0012	80.48	380.27
24	1.000	0.0012	80.48	388.45

Fuente: Elaboración Propia (Resultados de Prueba de Bombeo)

De los resultados de los radios de influencia para el Pozo Santa Clara, se puede definir un radio de influencia máximo de 388.45 m para un bombeo de 24 horas, por lo tanto, los pozos que se perforen a futuro deber considerar estos valores para no afectar los niveles del agua de acuífero y disminuir su producción de agua subterránea. En este caso no existe interferencia con los pozos existentes.

HIDROGEOQUIMICA.

Dentro de la evaluación hidrogeológica es muy importante conocer la calidad físico-química del agua subterránea, con la finalidad de cuantificar la concentración y composición de los elementos químicos disueltos en el agua del subsuelo y de acuerdo a los efectos que éstos puedan causar se establece sus posibilidades de utilización en diferentes usos.

La presente evaluación se realiza en dos etapas. La primera es la toma de muestras de dos pozos de la zona evaluada, donde se determina la conductividad eléctrica y pH del agua. La segunda etapa se basa en los resultados de dos (02) muestras de agua de los Pozos Santa Clara y Hospedaje Manhattan, analizados en el Laboratorio de la “UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”, Facultad de Agronomía cuyos análisis efectuados son los siguientes:

- Conductividad Eléctrica (CE, en dS/m. a 25 ° C)
- pH
- Contenidos de aniones y cationes (meq/l)
- Relación de Adsorción de sodio (RAS)
- CO₃ de sodio residual
- Identificación de Familias Químicas

Los resultados del análisis de la calidad del agua se muestran en el siguiente cuadro, mostrando los valores en unidades de meq/l y convertidas en mg/l.

CUADRO N° IV-6: Resultados del Análisis Físico – Químico

Parámetros		Unidad	POZO SANTA CLARA	POZO HOSPEDAJE MANHATAN	Unidad	POZO SANTA CLARA	POZO HOSPEDAJE MANHATAN
	ph		7.85	6.90		7.85	6.90
	C.E.	dS/m	1.80	0.19		1.80	0.19
Cationes	Calcio	meq/l	4.16	3.85	mg/l	83.20	77
	Magnesio	meq/l	3.08	2.70	mg/l	36.96	32.4
	Sodio	meq/l	10.50	5.60	mg/l	241.50	128.8
	Potasio	meq/l	0.09	0.08	mg/l	3.51	3.12
Aniones	Carbonatos	meq/l	0.00	0.00	mg/l	0.00	0.00
	Bicarbonatos	meq/l	6.50	4.20	mg/l	396.50	256.20
	Sulfatos	meq/l	1.25	1.12	mg/l	60.00	53.76
	Cloruros	meq/l	10.10	5.80	mg/l	358.55	205.90
	RAS		5.50	3.09		5.50	3.09
	Clasificación		C3 - S2	C1 - S1		C3 - S2	C1 - S1

Fuente: Resultado de Análisis

➤ **EVALUACION HIDROGEOQUIMICA**

❖ **Evaluación de riesgos de salinidad y sodicidad**

Esta evaluación se realiza de acuerdo a la clasificación de Richards del laboratorio de Salinidad de Riverside, California U.S. (1954).

a) Criterio de salinidad

La conductividad eléctrica (C.E.) es la recíproca de la resistencia eléctrica e indica en forma indirecta la concentración salina de una solución, así a mayor concentración de sales, mayor será la conductividad eléctrica.

Las sales disueltas en el suelo disminuyen el potencial osmótico y exige a las raíces un esfuerzo adicional para absorber el agua, lo cual puede ocasionar una reducción en los rendimientos de los cultivos.

CUADRO N° IV-7: Clasificación del agua de riego en función de su C.E.

CLASIFICACIÓN	CE (mS/cm)	RIESGO DE SALINIDAD
C1	0.10 – 0.25	Bajo
C2	0.25 – 0.75	Medio
C3	0.75 – 2.25	Alto
C4	>2.25	Muy Alto

Fuente: Richards del laboratorio de Salinidad de Riverside, California U.S. (1,954)

Se evaluaron 07 medidas de conductividad eléctrica de los pozos inventariados, los cuales varían entre 0.16 a 3.83 mS/cm. Por lo tanto el agua presenta un riesgo de salinidad de bajo a muy alto. Teniendo en cuenta que el cuadro regional de la mineralización global o grado de salinidad se muestra de acuerdo a la conductividad eléctrica, se ha elaborado la lámina de Curvas de Isoconductividad Eléctrica. (Ver Lámina N° 11).

b) Criterio de sodicidad

Este criterio también se denomina, criterio de permeabilidad o criterio de infiltración, etc., precisamente porque el efecto del sodio es disminuir esas propiedades en el suelo. Es importante determinar la Relación de adsorción de sodio (RAS), para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Donde los cationes se expresan en mg/l.

Por lo tanto, reemplazando los valores de los cationes se ha obtenido lo siguiente:

$$\text{RAS Pozo "Santa Clara"} = 5.50$$

$$\text{RAS Pozo "Hotel Manhattan"} = 3.09$$

Por lo tanto, la relación de adsorción del sodio es considerada baja a media.

Es importante identificar que de acuerdo a la clasificación del agua para riego se ha determinado como:

$$\text{Pozo "Santa Clara"} = C_3 S_2$$

$$\text{Pozo "Hotel Manhattan"} = C_1 S_1$$

Dando como resultados los siguientes significados:

C₁: Apta para riego en todos los casos. Pueden existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad.

C₃: Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

S₁: Apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

S₂: Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.

c) pH

Es la medida de la concentración de iones de hidrogeno (H^+). El agua neutra (agua destilada) tiene un $pH = 7$, el agua ácida $pH < 7$, y el agua alcalina un $pH > 7$.

Por lo tanto, de acuerdo al inventario realizado se tiene que el agua subterránea existente se presenta como ácida y alcalina.

❖ Composición química

La composición química del agua subterránea se refiere al contenido de iones (aniones y cationes) disueltos en el agua. Para visualizar la composición química de las aguas, se ha elaborado el Diagrama de Schoeller (ver anexo); en el cual se observa que los iones predominantes son **Sodio (Na) y Cloro (Cl)**.

El agua analizada se clasifica como: Aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas para el Pozo “Hotel Manhattan” y Aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas para el Pozo “Santa Clara”.

❖ Dureza

La dureza del agua de riego es un índice que valora el contenido de calcio y magnesio en el agua. Se calcula mediante la siguiente fórmula, se expresa en grados hidrométricos franceses (GHF):

$$\text{Dureza} = \frac{Ca^{+2} * 2.5 + Mg^{+2} * 4.2}{10}$$

Donde los iones se expresan en mg/l y su interpretación se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO N° IV-8: Clasificación del agua de riego en función de GHF

Tipo de agua	Grados Hidrométricos Franceses
Muy Blanda	Menor de 7
Blanda	7 – 14
Semiblanda	14 – 22
Semidura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy Dura	Mayor de 54

Fuente: Cánovas (Calidad agronómica de las aguas de riego)

Para el agua que se muestreo, se han obtenido los siguientes valores:

Pozo “Santa Clara” = 36.03 GHF

Pozo “Hotel Manhattan” = 32.60 GHF

Por lo tanto, el agua subterránea analizada en la zona de estudio se clasifica como **Agua Dura**.

DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO.

El agua subterránea del pozo tubular proyectado será utilizada con fines agrícolas (riego de áreas verdes, parques y jardines). El área de zonas verdes a irrigar es de 7.00 Has, con la instalación de grass y otras plantas, el cual requiere un volumen de 104025 m³/año. La demanda mensualizada se muestra en el Cuadro siguiente.

CUADRO N° IV-9: Demanda anual de agua

Nombre del Pozo	Utilidad	Demanda diaria (m³)	Demanda Mensual (m³)											
			Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Pozo Progreso Bajo	Servicios y riego de áreas verdes	300	9300	8400	9300	9000	9300	9000	9300	9000	9300	9000	9300	9000
Total, demanda anual (m³)			109200.00											

Fuente: Elaboración Propia

REGIMEN DE BOMBEO:

El régimen de bombeo o explotación está sujeto al caudal que se obtenga del pozo perforado, estimándose para el presente proyecto un caudal de explotación de 10 l/s, los cálculos se detallan en el siguiente cuadro.

CUADRO N° IV-10: Régimen de explotación

Nombre del Pozo	Caudal de explotación (l/s)	Tiempo de bombeo (h/d)	Demanda Mensual (m3)											
			Ene. 31	Feb. 28	Mar. 31	Abr. 30	May. 31	Jun. 30	Jul. 31	Ago. 31	Set. 30	Oct. 31	Nov. 30	Dic. 31
Pozo Progreso Bajo	10	9	10044	9072	10044	9720	10044	9720	10044	10044	9720	10044	9720	10044
Volumen anual de bombeo (m3)			118260.00											

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al Cuadro anterior, el régimen de bombeo ha determinado que con un caudal de 10 l/s, con un bombeo diario de 9 horas, se explotará un volumen de 118260.00 m3/año.

DISPONIBILIDAD HIDRICA.

Para determinar la disponibilidad hídrica en el presente estudio es necesario comparar la demanda de agua con la oferta (régimen de explotación). Para ello se ha elaborado el Cuadro siguiente donde se detalla la disponibilidad de agua.

CUADRO N° IV-11: Disponibilidad hídrica subterránea

Descripción	Demanda Mensual (m3)												Volumen anual (m3)
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
Demanda	9300	8400	9300	9000	9300	9000	9300	9000	9300	9000	9300	9000	109200.00
Oferta	10044	9072	10044	9720	10044	9720	10044	10044	9720	10044	9720	10044	118260.00
Balance Hídrico Subterráneo	744	672	744	720	744	720	744	1044	420	1044	420	1044	+9060

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al cuadro anterior, se determina que con la perforación del pozo existe disponibilidad hídrica en la zona, con un superávit de +9060.00 m³/año, lo que genera una seguridad en la ejecución del proyecto de perforación del pozo tubular.

MODELO CONCEPTUAL.

El modelo de agua subterránea es una representación física - matemática que simplifica la hidrogeología de una zona o dominio seleccionado. Numéricamente se puede definir el sistema modelado por una serie de parámetros y variables que gobiernan el flujo y la conservación de la masa en medios porosos (La Ley de Darcy, ecuación de continuidad, ecuación de la difusividad), basados en observaciones reales y percepciones de la zona seleccionada.

El modelo conceptual del sistema acuífero donde se ha elaborado el presente estudio se ha planteado a partir del análisis conjunto de la información geológica, hidrogeológica y geofísica, con el objetivo de cuantificar el flujo de agua dulce. En este contexto, y en base a los conocimientos referidos a la hidrodinámica que siguen las aguas subterráneas, el acuífero en mención se evaluó mediante el software Modflow. Como se puede ver en las siguientes figuras donde se muestran los techos de las superficies productiva y semiconfinada.

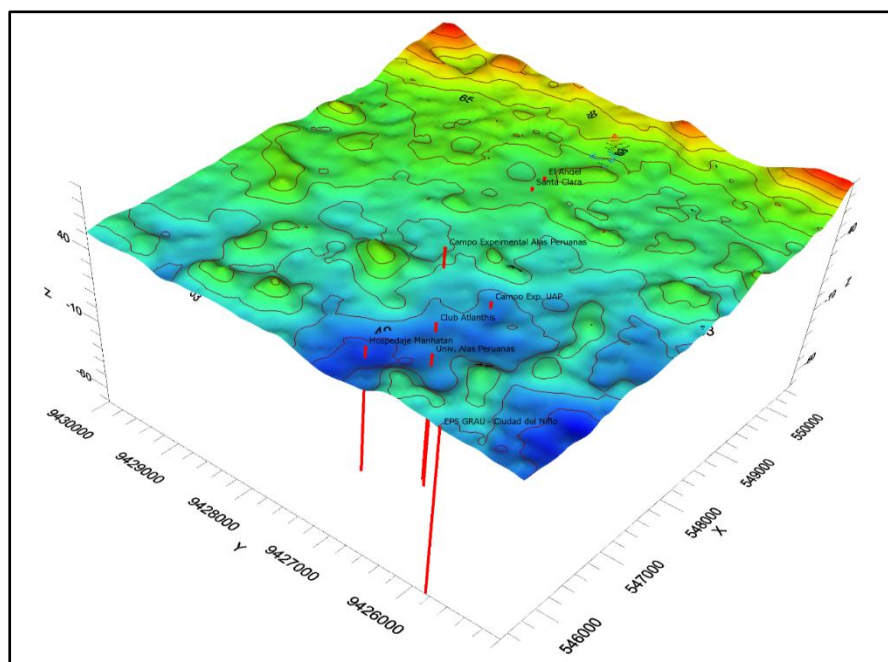
❖ Plataformas

Para la elaboración de plataformas, se procedió a la recopilación de la información cartográfica digital correspondiente a topografía superficial, topografía del basamento y características hidráulicas del acuífero. El ámbito de trabajo para la generación de la referida información está definido a partir de la delimitación del ámbito del proyecto.

❖ Topografía de superficie

Para la generación de la topografía de superficie se trabajó con un modelo digital de terreno (DEM) del Perú, el cual se procesó con el software Surfer, obteniendo como producto final las referidas curvas topográficas del ámbito de la zona de trabajo, las mismas que también se han convertido a puntos para su traslado al software de Visual Modflow. Se puede observar en la siguiente Figura.

FIGURA N° IV-2: Techo del nivel de terreno

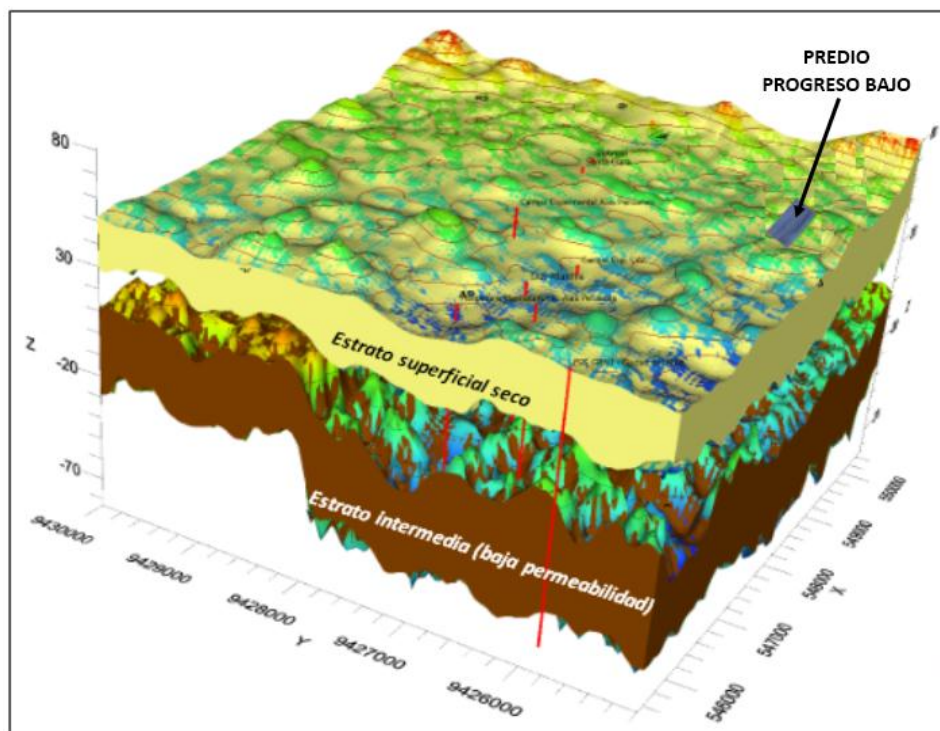


Fuente: Elaboración Propia

❖ Topografía sub superficial

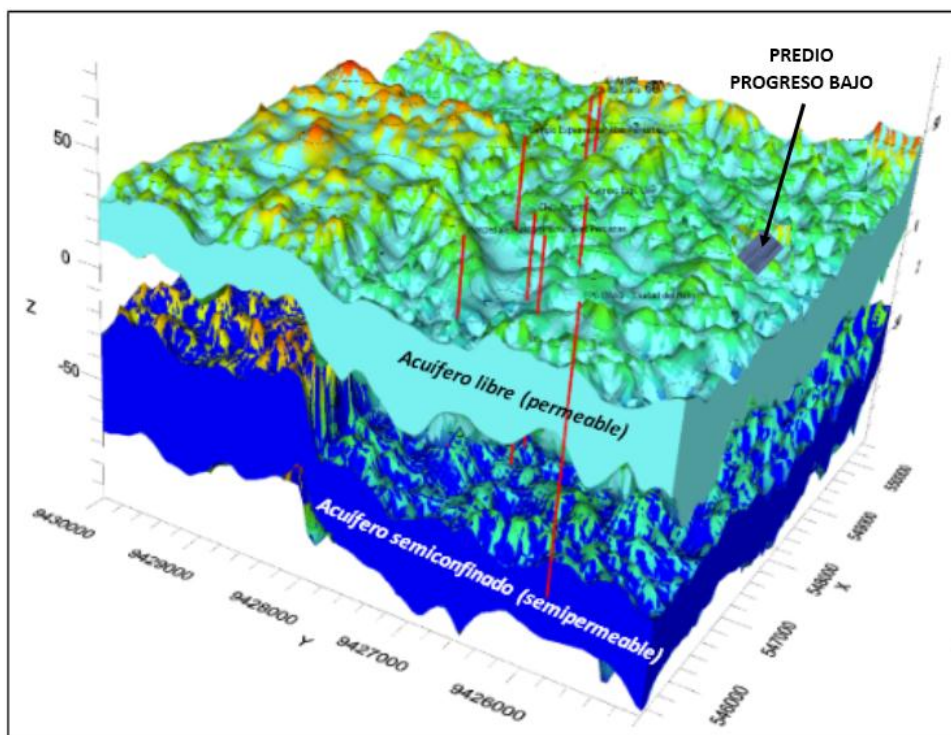
Nos indica la profundidad de las capas subterráneas, así como también la del agua dulce, la misma que ha sido generada con la información geofísica proporcionada de los sondeos eléctricos verticales SEV realizado por el consultor y de estudios que se hayan ejecutado dentro de la zona evaluada, a estos sondeos se le asignó su respectiva cota topográfica en base al modelo digital de terreno (DEM). En las siguientes figuras se muestran los techos y horizontes obtenidos durante el modelamiento.

FIGURA N° IV-3: Estratos no productivos subterráneos



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° IV-4: Estratos productivos o explotables



Fuente: Elaboración Propia

❖ **Parámetros hidráulicos del acuífero**

Los parámetros hidráulicos son los que se obtuvieron con la ejecución de la prueba de bombeo. Los valores utilizados fueron los siguientes:

$$T = 80.48 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$K = 1.24 \text{ m/día}$$

$$S = 0.0012$$

❖ **Diseño del modelo**

El modelo conceptual se elaboró usando el programa modular de diferencias finitas, Visual Modflow Flex 2015. Este método simula la continuidad del sistema acuífero mediante matrices de celdas discretas, pero de propiedades uniformes.

a) Discretización espacial

Se ha considerado un tamaño de malla de 5000 m x 5000 m, habiéndose obtenido 100 columnas y 100 filas con equidistancias de 50 m para cada caso.

b) Geometría del acuífero en la zona de estudio

Queda definido en 2 estratos, el primero (color celeste) es el acuífero libre, y el segundo (color azul) es el acuífero semiconfinado. El segundo acuífero es el recomendable para la explotación de agua subterránea.

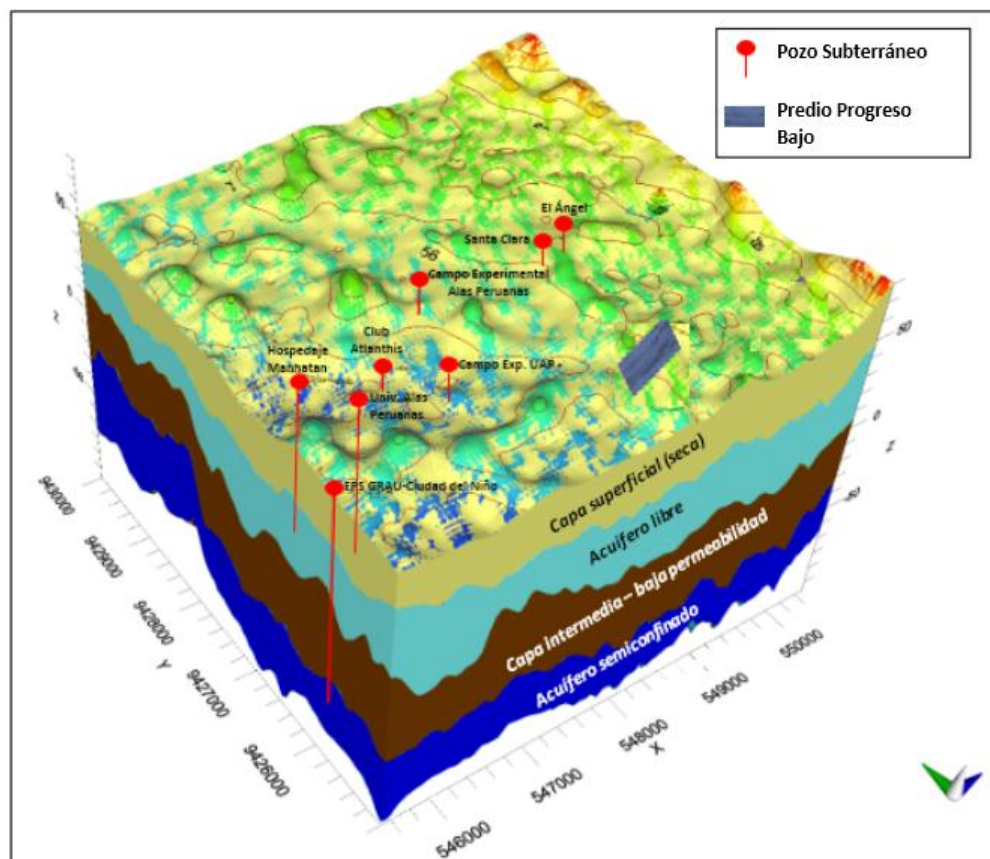
c) Límites impermeables

El acuífero en estudio se encuentra limitado por afloramientos rocosos en la zona de estudio, que en promedio se presentan a partir de los 150.00 m, alcanzando la profundidad máxima estudiada de 200.00 m.

❖ Resultados del modelo conceptual

Como resultado de la elaboración del modelo conceptual; se ha podido cuantificar que por la zona de interés estaría circulando un flujo de agua dulce promedio de 40,000.00 m³/día, equivalente a 462.96 l/s; los cuales pueden ser aprovechados por pozos tubulares, considerando que este resultado tiene un margen de error de +/-12%. La zona de interés ha presentado características muy favorables para la explotación de agua subterránea, ya que existe un acuífero semiconfinado con buenas características litológicas e hidrogeológicas. El modelo está preparado para la segunda fase, calibración régimen permanente, para ello se debe generar información referente a las cargas de agua mediante la instalación de pozos de observación. En la siguiente Figura se presenta el modelo conceptual gráfico.

FIGURA N° IV-5: Modelo conceptual de la zona de investigación



Fuente: Elaboración Propia

ANTEPROYECTO DEL POZO TUBULAR.

POZO PROYECTADO.

Para definir la ubicación del pozo proyectado, se han ejecutado 06 estaciones de Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs) de superficie, cuyos resultados han permitido construir 02 secciones geoeléctricas. Se ha considerado la Capa IV como factible para explotar, ya que según el estudio geofísico el agua es de mediano grado de mineralización, suficiente para abastecer de agua a la actividad agrícola.

Los resultados cuantitativos encontrados han permitido establecer que en los 06 SEVs las características litológicas y las profundidades difieren entre sí, por lo que se ha considerado que el pozo proyectado puede ser perforado en las inmediaciones del SEV N° 02, mostrando sus coordenadas en la Cuadro de Ubicación de Sondajes Coordenadas UTM.

CUADRO N° IV-12: Ubicación del Pozo Proyectado

Nombre del pozo	S.E.V. N°	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (m.s.n.m.)
		Este (m)	Norte (m)	
Progreso Bajo	5	552697	9 428 227	95.00

Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO.

Para el diseño de la captación de agua subterránea, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- ❖ Características hidrogeológicas del sector.
- ❖ Características hidrodinámicas del acuífero que se pretende captar.
- ❖ Litología.
- ❖ Volumen de agua requerido.
- ❖ Distribución temporal de la demanda.

En el presente estudio se ha podido realizar el diseño preliminar del pozo proyectado, el cual deberá reajustarse teniendo en cuenta tanto los resultados de la perforación como la diagráfia que se ejecute y análisis granulométrico de las muestras de los horizontes acuíferos.

El diseño técnico preliminar del pozo proyectado se presenta en el Anexo y ha sido establecido teniendo en consideración el caudal requerido, la profundidad actual del nivel de agua y el abatimiento que se alcanzaría durante el bombeo. Quedando por definir la profundidad exacta durante la perforación y los estratos aprovechables.

❖ **Diseño hidráulico del pozo proyectado**

En el diseño hidráulico es necesario estimar el abatimiento y la probable posición del nivel dinámico (ND) en el pozo proyectado, basándose en las pérdidas de carga que se generarían dentro del pozo cuando este sea sometido a explotación. Esta información es importante para estimar la profundidad a partir de donde se puede ubicar la sección filtrante, para este cálculo se utiliza la ecuación general de abatimiento:

$$N.D = \Delta h_T + N.E$$

$$ND = AQ + B * Q^2 + VC + \Delta i + NE$$

La cual indica que el abatimiento total (Δh_T) es la suma de los abatimientos parciales, donde:

AQ es el abatimiento debido a las características hidrogeológicas del acuífero, BQ² es el Abatimiento debido a las características constructivas de la obra, VC debido a las variaciones cíclicas del nivel freático y Δi por la interferencia de pozos vecinos, que para el presente caso no existe.

El abatimiento debido a las características hidrogeológicas del acuífero, se empleó la fórmula de Theis – Jacob:

$$\Delta h_T = \left(\frac{0.183 * Q}{T} \right) \left[\log \left(\frac{2.25 * T * t}{r_p^2 * S} \right) \right] + B * Q^2 + VC$$

Donde:

- Q = Caudal del pozo, m³/seg.
T = Transmisividad, m²/seg.
t = Tiempo de bombeo, seg.
r_p = Radio del tubo de ademe del pozo, m.
S = Coeficiente de almacenamiento, adimensional.
B = Coeficiente de Walton, dependiente de la calidad constructiva de la obra.

La información básica considerada para el diseño es la siguiente:

- Q = 10 l/s = 0.010 m³/s
T = 80.48 m²/día = 0.000931 m²/s
t = 8 horas = 28800 s
r_p = 5" = 0.1270 m
S = 0.0012
B = 2500 s²/m⁵
VC = 2 m
N.E = 30.00 m

Aplicando los datos considerados anteriormente, obtenemos que el abatimiento total (Δh_T) es igual a 15.00 m. Si incluimos el nivel estático promedio (N.E) que es igual a 30.00 m, entonces obtenemos un nivel dinámico (N.D) de 45.00 m, para un caudal de 10 l/s y un tiempo de bombeo de 8 horas.

❖ Diseño físico del pozo proyectado

El diseño ha sido elaborado tomando en cuenta las características hidráulicas y condiciones hidrogeológicas del área de estudio. El referido diseño deberá reajustarse con los resultados que se vayan obteniendo del

estudio granulométrico de las muestras de material del acuífero que se extraigan durante la perforación y de la diagráfia eléctrica.

- El diseño físico ha consistido en definir las siguientes características:
- Diámetro y longitud de la sección de admisión.
- Diámetro y longitud del entubado ciego.
- Diámetro y profundidad de perforación.

CUADRO N° IV-13: Diseño físico del pozo proyectado

N° SEV	Perforación definitiva del pozo		Entubado ciego (10''x1/4'')			Filtros de acero inox (10''x1/4'')	Cementación	Engravado
	Diámetro perforación (pulg)	Profundidad máxima (m)	TCEm	TCSm	TCIm			
05	18	165.00	-0.50-0.00	0.00-50.00	160.0-165.0	50.00-120.0	0.00-40.00	0.00-165.00
				80.00-120.0		120.0-160.0		

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Sección de admisión

La sección de admisión está representada por la columna de filtro que se localiza por debajo de la probable posición del nivel estático, tal como se puede apreciar en el Cuadro de Diseño físico del pozo proyectado y la figura del diseño preliminar del pozo proyectado (ver anexo).

El filtro que se recomienda utilizar es el de abertura tipo puente trapezoidal, diámetro de 10'' x 1/4'' de espesor, con aberturas de 1.5 mm. En lo referente al material, para una mayor duración se recomienda usar tubería de acero inoxidable.

❖ Entubado ciego

En el Cuadro anterior, se pueden apreciar que existen 3 tramos de entubado ciego respectivamente que se localizan de la siguiente manera:

TCE = Tubería ciega externa. Tubería que sobresale de la superficie del suelo.

TCS = Tubería ciega de superficie. Entubado que se extiende desde la superficie del suelo hasta empalmar con la columna de filtros.

TCI = Tubería ciega inferior. Entubado ciego localizado al fondo del pozo y funciona como trampa de arena o colector.

❖ **Perforación**

Se puede perforar por el método de rotación debido a la litología de la zona. En este caso, el diámetro de perforación definitivo es de 18” en toda su longitud. El estudio recomienda perforar hasta 165.00 m. (SEV N° 05).

❖ **Cementación**

La cementación se realiza con la finalidad de sellar los estratos de agua sala y evitar la contaminación del acuífero. La mezcla para la lechada se puede preparar con cemento Tipo V.

❖ **Pre filtro de grava**

La gradación de grava será en base a los resultados del análisis granulométrico de la formación acuífera, así como la abertura de los filtros será ajustada de este análisis (Método de US BUREAU OF RECLAMATION). La grava deberá ser limpia y redondeada, como material son preferibles el cuarzo y los otros materiales a base de sílice. Se recomienda grava de diámetro de 1/8” a 1/4”. La caliza y los esquistos son indeseables para este fin.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PERFORACIÓN.

❖ **MÉTODO DE PERFORACIÓN**

El método a utilizar para la perforación del pozo proyectado es el de **ROTACIÓN**, ya es el método más recomendado en el valle del Medio y Bajo Piura, debido al avance diario que se alcanza y los costos son más bajos comparados con otros métodos (percusión, mixto).

La herramienta trabaja girando sobre el fondo del sondeo por medio de un tren de varillas, que transmite la energía de la sonda situada en superficie sobre la herramienta de corte. En este método de perforación hay a su vez una gran variedad, según la forma de trabajar la herramienta de corte y la manera de eliminar los detritos producidos. Así tenemos:

- Circulación directa, en el cual el medio de transporte de ripio (agua, lodo, polímero...) se introduce en el fondo del sondeo por el interior del varillaje y sale junto con el detritus por el espacio anular comprendido entre la pared del pozo y el varillaje.
- Circulación inversa, el esquema funciona al revés, es decir, se introduce por el anillo exterior el agua o lodo y se extrae por el interior de la sonda de perforación junto con el detritus. Este método es el más indicado a utilizar en terrenos detritos, no consolidados o ambos, cuando es necesario realizar sondeos de gran diámetro y profundidad, causando el menor daño posible a los acuíferos atravesados.

❖ Etapas de la perforación del pozo

a) Perforación de pozo exploratorio

Luego de la instalación del equipo y preparación de la cancha de trabajo, con los canales de circulación del lodo de perforación y sedimentadores necesarios, se procederá a la perforación del pozo exploratorio con un diámetro no mayor a 8”.

Es con el taladro rotatorio del equipo de perforación que se perfora hasta la profundidad que considera el SEV N° 05; en un máximo de 8" de diámetro de la broca de la sarta de perforación, con recuperación de muestras de estratos en superficie que serán recolectadas cada dos metros, empezando desde la superficie y en cualquier cambio pronunciado de estratos.

Como es conocido, en la perforación a rotación, se utiliza lodo de perforación que se inyecta a presión, cumpliendo básicamente tres funciones: refrigerante de la herramienta de corte (trepano tricónico), estabilizador de la pared de perforación en materiales detríticos (arenas, gravas, etc.), y evacuador de la lama. En los trabajos se utilizará una solución de bentonita, con una viscosidad del orden de 20 - 25 seg. que es la recomendada para perforar en materiales como arena media y fina, como es el caso.

Durante la perforación, se toman muestras en cada cambio de material y se van colocando en forma ordenada, para su posterior descripción, a fin de tener una idea de la granulometría de los estratos que se pasan durante la perforación, cuyos límites o contactos se precisan con la diagráfia eléctrica, la cual a su vez en forma generalizada permite diferenciar la permeabilidad entre los materiales de los acuíferos.

b) Registro de diagráfia eléctrica

Terminado el pozo exploratorio, dentro de este se corre dos tipos de sonda: la corta que precisará el tramo de baja mineralización de los estratos y la larga que determinará la zona de alta mineralización de los estratos; en base a esta información se diseña el perfil litológico y técnico del pozo.

Estos datos incluyen informaciones litológicas estratigráficas y estructurales, indicadores de la mineralogía y de la concentración de las menas e indicadores para la exploración geofísica a partir de la superficie. Se realizará a fin de precisar los límites de los estratos filtrantes, característicos para el lugar, obtener controles de voltaje y resistencia eléctrica, diferenciar en forma generalizada la permeabilidad entre los materiales del acuífero.

Se presentarán graficas (resistividad vs. profundidad) de las digrafías eléctricas, determinando el perfil litológico y permeabilidad. Los resultados de la diagrafía servirán de base para el diseño del perfil técnico del pozo, vale decir, para determinar la ubicación correcta de los filtros en el encamisado tubular.

c) Rimado del pozo exploratorio

Consiste en el ensanchamiento del pozo exploratorio aprobado a satisfacción del supervisor de la obra. El pozo será ensanchado por escariado hasta alcanzar la profundidad y diámetro de 18”.

Luego de la operación de ensanchamiento, el contratista dejará listo el hueco para que se mida la sección mediante un calibrador; si se comprueba que en cualquier punto el diámetro es menor al especificado, el hueco deberá ser nuevamente ensanchado y luego medido.

d) Entubado

➤ **Tubería ciega**

La longitud total de tubería ciega será de 95.50 m. para el pozo Nuevo Progreso. El material para la entubación ciega y revestimiento del pozo será de acero inoxidable o acero negro, y constituida por tramos de 3.00 de longitud mínima y soldada. La tubería ciega tendrá un espesor de 1/4”.

➤ **Filtros**

Los filtros serán instalados de acuerdo a los resultados de la diagrafía del perfilaje geofísico (resistividad y gamma). Se tendrán en cuenta las siguientes características:

El diámetro de los filtros será de 10”.

El filtro será de acero inoxidable, tipo puente trapezoidal o ranura continua resistentes a la corrosión.

La longitud estimada según el diseño preliminar es de 60.00 m.

En el diseño definitivo durante la ejecución de la obra se puede efectuar el reajuste del factor diseño del filtro, pudiendo utilizarse filtros prefabricados.

e) Suministro y aplicación de grava seleccionada

La grava consistirá de partículas limpias, firmes, durables, basalto y bien redondeadas, con tamaño de grano y granulación seleccionados. La granulometría será establecida en el estudio definitivo del pozo, en función a los análisis granulométricos de la formación acuífera y a las aberturas de las rejillas de captación, debiendo esta ser aprobada por el supervisor. Sin embargo, se ha considerado preliminarmente entre 1/8" – 1/4" el diámetro de la gravilla. La roca triturada no es aceptable como material para filtro de grava, pero las gravas de río tamizadas de una fuente local podrían ser aceptables.

f) Inyección del cemento (lechada)

Concluida las actividades de perforación e instalada la tubería ciega de protección y los filtros se procederá a la preparación de la lechada de cemento Tipo V, el cual será colocado desde el fondo de la formación de protección del acuífero explotable hasta la superficie anular del pozo. Al efectuarse los trabajos de cementación se tendrá especial cuidado en mantener constante el fluido de tal forma que cubra todo el espacio anular entre la formación natural y la tubería ciega.

g) Desarrollo del pozo tubular

El desarrollo – limpieza con aire comprimido; tiene la finalidad de acomodar el pre filtro (grava) en las zonas aledañas al filtro y dejar el empaque de grava libre de finos. El equipo es una compresora de aire, manguera de conexión, tubería de inyección y tubería reductora; instalado el equipo se inyectará el aire, creando una emulsión de aire - agua, la que se expulsará a superficie hasta que el agua salga libre de finos. El desarrollo del pozo tiene por finalidad evacuar el lodo de perforación y derruir la costra formada en la pared de perforación al

pasar los estratos acuíferos, devolviendo a estos sus características naturales de filtración.

El desarrollo se ejecutará por el método de inyección de aire a alta presión utilizando una compresora, y con recirculación de agua desde la superficie a través del pre filtro, iniciándose la inyección de aire en el tramo filtrante de mayor profundidad, de abajo hacia arriba. La limpieza y evacuación de partículas arcillosas y arenas se ejecutará por el sistema “air lift”, utilizando el equipo de inyección de aire comprimido.

Durante el desarrollo con aire comprimido, se practicará la alternancia de inyección de aire propiamente dicho, con la extracción de agua para el sistema de air lift; continuando con esta labor hasta lograr la completa clasificación del agua. Cada filtro se lavará con chorro de agua limpia y se aplicará Tripolifosfato de Sodio o el Aqua - Clear que son químicos para disolver lodos, arcillas que puedan quedarse en la zona de admisión del pozo; finalmente se completará el desarrollo con bombeo de aire y pistoneo frente a los filtros hasta la obtención de agua limpia en superficie. Este proceso se realizará durante aprox. 72 hrs. o más si las condiciones del pozo las requieren.

h) Análisis y pruebas de pozo

- **Análisis granulométrico del pozo**

Las muestras obtenidas de la formación inmediatamente después de haber sido colocadas dentro del recipiente, serán etiquetadas claramente, ya sea escribiendo directamente sobre la superficie del recipiente o en una tarjeta adherida al mismo, usando tinta, lápiz indeleble u otro medio que sea resistente a la humedad y a la luz solar. La etiqueta no debe ser fácilmente removible del recipiente. La empresa perforadora será responsable por el almacenamiento seguro de las muestras obtenidas de la formación hasta tanto sean aceptadas por el supervisor.

- **Prueba de verticalidad y alineamiento**

Las perforaciones y los entubados deberán ser redondos verticales y alineados. Para demostrar el cumplimiento de este requisito, la empresa perforadora proporcionará la mano de obra y equipo y efectuará la prueba de manera ordenada por el ingeniero a satisfacción de este. El resultado de la prueba deberá ser presentado en cuadros y gráficamente y deberá evidenciar que es posible el ingreso libre de la bomba, por lo menos basta unos diez (10) metros sobre el tope de la rejilla. La prueba de verticalidad y alineamiento se ejecutará una vez terminada la construcción del pozo, y antes de instalarse el equipo de bombeo de prueba. Si el supervisor estima necesario se efectuará otra prueba de verticalidad y alineamiento después de efectuado el bombeo de prueba.

- **Prueba de bombeo ininterrumpida**

Se determinará en esta prueba el rendimiento óptimo y seguro de explotación del pozo para tal efecto se medirán los descensos del nivel de agua en función del tiempo de bombeo para diferentes caudales. El supervisor dará aprobación a la empresa perforadora para conducir la prueba cuando el pozo haya sido completado y su verticalidad y alineamiento hayan sido aprobadas. Antes de la prueba se medirá el nivel estático del agua.

La empresa perforadora proveerá un equipo de bombeo con capacidad de extraer caudales variables de acuerdo lo indicado por el supervisor. El equipo de bombeo constituido por bomba turbina de eje vertical y motor estacionario, deberá estar en buen estado de conservación y de funcionamiento y será capaz de operar sin interrupciones por un periodo mínimo de 72 horas. En la tubería de descarga del pozo se instalará un caudalímetro, tubo pitot, orificio circular con tubo piezómetro u otro dispositivo que permita una buena medida del caudal a extraer.

Durante la prueba será sometido a producción durante 72 horas continuas, como mínimo y por lo menos a cuatro (04) regímenes distintos, en forma escalonada. El cambio del régimen se efectuará solo cuando se obtenga estabilización de los niveles del agua y con aprobación del supervisor que podrá ordenar pruebas de bombeo complementarias con fines de determinación de parámetros hidrogeológicos del acuífero y de evaluación de la eficiencia hidráulica de acuífero.

- **Análisis físico – químico del agua**

Durante la prueba de bombeo se colectará una muestra de dos (2) litros como mínimo para análisis el físico – químico, el cual debe ser efectuado en un laboratorio autorizado. Los análisis deberán permitir evaluar la calidad del agua para los fines requeridos. El procedimiento para extraer la muestra se ejecutará con recipientes debidamente esterilizados otorgados por el laboratorio, ello permitirá resultados más confiables.

i) Limpieza y protección del pozo

- **Limpieza final y eliminación de desmonte de perforación**

Al terminar con el proceso de perforación, se deberá hacer la limpieza del área de trabajo, asimismo se tendrá que eliminar todo el material, producto de la perforación que se encuentre dentro de la zona del proyecto.

- **Sello metálico de la boca del pozo**

Al terminar con las pruebas del pozo, se soldará una plancha circular de $\frac{1}{4}$ " de espesor en la boca de pozo, para evitar posibles entradas de materias extraídas al interior. La boca del pozo deberá quedar como mínimo a 1.00 m. del nivel del terreno natural.

- **Sello del fondo de pozo tubular**

Se colocará un tapón de cemento en el fondo de la lina, para evitar intrusión de agua por el fondo de la misma. En todo momento durante el proceso del trabajo, la empresa perforadora adoptará las precauciones razonables para evitar intromisiones en el pozo o el ingreso de materias extrañas dentro del mismo. La protección tendrá una altura mínima de 3.00 m. aproximadamente.

4.2. Discusión.

La presente investigación concluye en resultados favorables que permiten considerar el aprovechamiento de recursos hídricos subterráneos en el sector.

Para ello se sustentan en la descripción de las características geológicas e hidrogeológicas, y se constata mediante la ejecución de las pruebas de campo descritas en el informe determinando que es posible la existencia de dichos recursos.

Para la ejecución de la obra de captación se describe en el capítulo correspondiente un anteproyecto el cual debe ser ajustado con los resultados obtenidos del pozo exploratorio de pequeño diámetro.

En relación a régimen de explotación se realizará 9 horas diarias con un caudal de 10 lt/seg. que cumplirá con las demandas y no alterará la naturaleza del acuífero.

CONCLUSIONES.

- ❖ En cuanto a la hidrogeología, existen dos tipos de acuíferos en la zona de estudio, acuífero libre y acuífero semiconfinado. El primero conformada por arena de grano medio a grueso con inclusiones de grava y guijarros e intercalaciones delgadas de arcilla. El segundo conformado por arena de grano distinto, con inclusiones de gravas guijarros y cantos rodados e intercalaciones delgadas de arcilla.
- ❖ La investigación geofísica permitió generar 02 secciones geoelectricas, obteniendo 05 horizontes, determinando que los horizontes II y IV son aprovechables para la explotación de agua subterránea.
- ❖ Los parámetros hidrogeológicos de acuerdo a la prueba de bombeo indica que es un acuífero con mediana permeabilidad. El radio de influencia obtenido promedio es de 388.45 m para un bombeo de 24 horas.
- ❖ Se ha ubicado un (01) pozo proyectado en las siguientes coordenadas y con su respectiva profundidad y diámetro.

Nombre del pozo	S.E.V. N°	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (m.s.n.m.)	Prof. (m)	Diámetro (pulg)
		Este (m)	Norte (m)			
Progreso Bajo	5	552 697	9 428 227	95.00	165.00	10''

- ❖ El régimen de explotación para un caudal de 10 l/s, es de 9 horas/día, 30 día/mes y 12 meses/año, generando un volumen anual de **118,260.00 m³**.
- ❖ El análisis de calidad de agua clasifica al agua como aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas y aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas, y se caracteriza por ser agua dura.

RECOMENDACIONES.

- ❖ Durante la perforación se deberán estudiar las muestras de los materiales a extraerse del acuífero con la finalidad de:
 - Determinar su granulometría.
 - Definir las características de la grava alrededor de las rejillas.
 - Determinar la ubicación de los tramos en donde deberán colocarse las rejillas.
- ❖ Colocar tuberías ciegas de acero inoxidable o acero negro, mientras que los filtros de acero inoxidable, con diámetros de 10”.
- ❖ Realizar prueba de verticalidad y alineamiento del pozo en toda su longitud.
- ❖ La prueba de rendimiento, como mínimo debe ser de 72 horas continuas, por lo menos a 4 regímenes distintos.
- ❖ Como resultado de los análisis de las muestras de suelo, calidad del agua y diagráfia durante la etapa de perforación, se determinará la ubicación y distribución definitiva de los filtros y la profundidad final que deberá alcanzar el pozo.
- ❖ El diseño tentativo del pozo sólo es preliminar, mientras que el definitivo, se determinará en base a los resultados de la perforación, diagráfia y análisis granulométricos del acuífero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ❖ **Ernesto Orellana 1972** - Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.
- ❖ **Villanueva e Iglesias 1984** - Pozos y Acuíferos.
- ❖ **E. Custodio, M.R. Llamas 1983** - Hidrología Subterránea.
- ❖ **Ven Te Chow, Meidment, D.R Mays, L 1994** - Hidrología Aplicada.
- ❖ **Enrique del Valle Toledo** – Introducción a los Métodos Geofísicos de Exploración.
- ❖ **Germán Monsalve Sáenz** – Hidrología en la Ingeniería.
- ❖ **Luis Gonzales de Vallejo 2004** - Ingeniería Geológica.
- ❖ **Riegger, j 2004** - FEM MODFLOW CONFERENCE, Hydrological Model.
- ❖ **Gobierno de La Republica del Perú 2009** - Ley de Recursos Hídricos Subterráneos Ley N°29338.
- ❖ **Hugo Rivera Mantilla 2011** - Geología General.
- ❖ **Ingemmet por: Julio Calda, Oscar Palacios, Víctor Pecho y Churchill Vela 1980** - Boletín N°32 Geología de los Cuadrángulos de Bayóvar, Sechura, La Redonda, Punta La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas Y Morrope.
- ❖ **Juan Bruggen** – Geología General Vol1.
- ❖ **Julio Muñoz Jiménez** – Geomorfología General.
- ❖ **Linsley Kohler Poulus** – Hidrología para Ingenieros 2da edición.
- ❖ **Iu. V. Iakubovskii, L. L. Liajov** - Exploración Eléctrica.
- ❖ **Miguel Auge Dr. Geol.** - Métodos Geoeléctricos para la Prospección de Agua Subterránea.
- ❖ **Pedro E. Martínez Alfaro** – Fundamentos de Hidrogeología.
- ❖ **Pierre Cotillon** - Estratigrafía.
- ❖ **Rafael Heras** - Manual de Hidrología
- ❖ **ANA – ALA Sechura 2014** - Inventarios de Fuentes de Agua Subterránea.

ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<p>Título: “Exploración Hidrogeológica para la Ejecución de una Obra de Captación de Agua Subterránea en el Predio Progreso Bajo, Distrito de Castilla, Provincia y Departamento de Piura - Perú”</p> <p>Nombre del Tesista: Br. Galecio Ríos Teolinda Elena Desiree.</p>				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/Indicadores	Metodología
<p><u>General</u></p> <p>¿Determinar la presencia de recursos hídricos subterráneos en la zona investigada mediante la Exploración hidrogeológica de la cuenca?</p> <p><u>Específicos</u></p> <p>1. Reconocer las características geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología y comprender la dinámica del reservorio acuífero.</p> <p>2. Determinar la profundidad y espesores del reservorio acuífero aprovechable.</p>	<p><u>General</u></p> <p>Analizar las características geológicas e hidrogeología mediante la recopilación de información y corroborar mediante métodos geofísicos la factibilidad de captar recursos hídricos subterráneos aptos para los fines demandados.</p> <p><u>Específicos</u></p> <p>➤ Construir la estratigrafía de la evolución Geologica en la zona y los eventos de la misma y determinar si existen condiciones favorables a la formación de acuíferos.</p> <p>➤ Aplicar el método geofísico de resistividad eléctrica y elaborar secciones geoelectricas basadas en los valores de resistividad de los materiales a un campo electrico artificial.</p>	<p><u>General</u></p> <p>¿La región Piura es una zona de buenos resultados en cuanto a la realización de obras de captación?</p> <p><u>Justificación</u></p> <p>La dificultad de no poder realizar actividades que permitan sustentar el crecimiento económico y social debido a la falta de agua tiene justifica buscar una solución que nos permita sobrepasar las mismas.</p> <p><u>Importancia</u></p> <p>Es importante cada contexto que se desarrolla en la presente investigación ya que de ello depende la ejecución o no ejecución de la obra de captación.</p>	<p>Unidad de análisis: Investigación Hidrogeológica</p> <p>Variable dependiente: Resistividad eléctrica de las capas geológicas.</p> <p>Indicadores: Prueba de rendimiento del Acuífero.</p> <p>Indicadores: Cuantificar los valores obtenidos en los trabajos de campo.</p>	<p>Enfoque: cualitativo y cuantitativo</p> <p>Nivel: Correlacional</p> <p>Tipo: Básica/Aplicada</p> <p>Métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Recopilación de información -Trabajo de campo - Etapa de gabinete <p>Técnicas e instrumentos Ejecución de sondajes eléctrico verticales (SEV's)</p> <p>Procesamiento de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - resistividad verdadera y determinación del tipo de materiales. <p>De análisis: Químico analítico</p> <p>Población: Horizonte de suelos.</p> <p>Muestra: Valores de resistividad.</p> <p>Procedimientos Se recopiló información de la zona. Se realizó un mapeo geológico. Se realizaron SEV's y Prueba de Bombeo. De toda la información recopilada, se hizo un informe detallado.</p>

ANEXO N° 2: PRUEBA DE BOMBEO

PRUEBA DE DESCENSO

Departamento:	Piura	Provincia:	Piura	Distrito:	Castilla
Coordenadas UTM WGS84		Este:	548792	Norte:	9427453
Nombre del Pozo:	Santa Clara	Ejecutor:	Elena Galecio R.	Fecha:	Oct 2018
N° IRHS:	S/N	N.E (m):	42.5	P.R (m):	0.5
Prof. Del Pozo (m):	92.40 m				

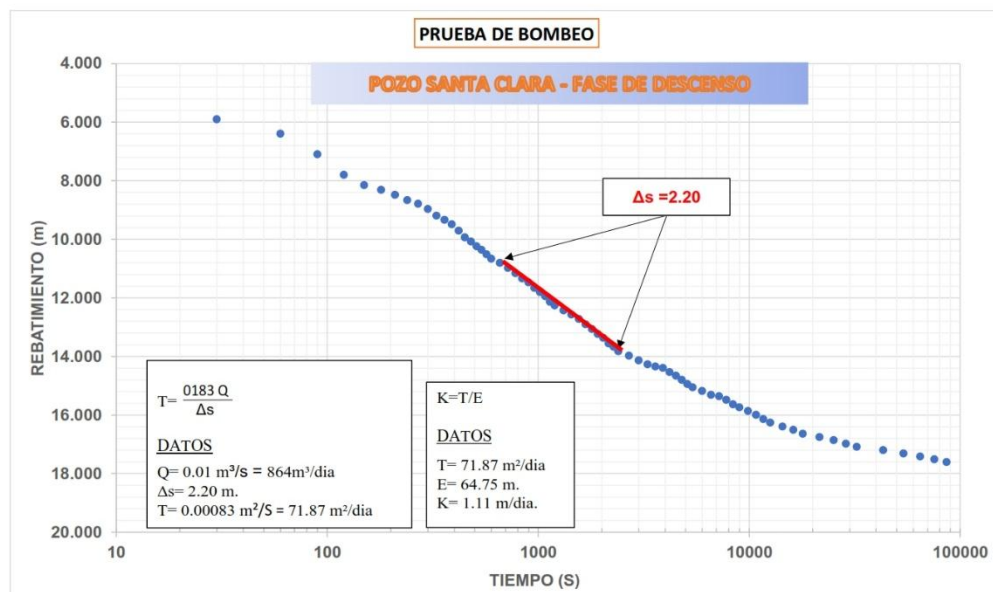
TIEMPO			Q (m³/seg)	DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg		Nivel ref. descenso	Nivel descenso	Rebatimiento
				42.500	42.000	
		0	0.01	47.000	46.500	4.500
		30	0.01	48.400	47.900	5.900
	1	60	0.01	48.900	48.400	6.400
		90	0.01	49.600	49.100	7.100
	2	120	0.01	50.300	49.800	7.800
		150	0.01	50.650	50.150	8.150
	3	180	0.01	50.810	50.310	8.310
		210	0.01	50.980	50.480	8.480
	4	240	0.01	51.160	50.660	8.660
		270	0.01	51.290	50.790	8.790
	5	300	0.01	51.470	50.970	8.970
		330	0.01	51.690	51.190	9.190
	6	360	0.01	51.840	51.340	9.340
		390	0.01	51.990	51.490	9.490
	7	420	0.01	52.210	51.710	9.710
		450	0.01	52.430	51.930	9.930
	8	480	0.01	52.580	52.080	10.080
		510	0.01	52.740	52.240	10.240
	9	540	0.01	52.860	52.360	10.360
		570	0.01	53.010	52.510	10.510
	10	600	0.01	53.160	52.660	10.660
	11	660	0.01	53.310	52.810	10.810
	12	720	0.01	53.480	52.980	10.980
	13	780	0.01	53.660	53.160	11.160
	14	840	0.01	53.840	53.340	11.340
	15	900	0.01	53.970	53.470	11.470
	16	960	0.01	54.160	53.660	11.660
	17	1020	0.01	54.300	53.800	11.800
	18	1080	0.01	54.440	53.940	11.940
	19	1140	0.01	54.630	54.130	12.130
	20	1200	0.01	54.760	54.260	12.260
	22	1320	0.01	54.930	54.430	12.430
	24	1440	0.01	55.070	54.570	12.570
	26	1560	0.01	55.220	54.720	12.720
	28	1680	0.01	55.400	54.900	12.900
	30	1800	0.01	55.560	55.060	13.060
	32	1920	0.01	55.730	55.230	13.230
	34	2040	0.01	55.870	55.370	13.370
	36	2160	0.01	56.060	55.560	13.560
	38	2280	0.01	56.170	55.670	13.670
	40	2400	0.01	56.320	55.820	13.820
	45	2700	0.01	56.470	55.970	13.970
	50	3000	0.01	56.640	56.140	14.140
	55	3300	0.01	56.770	56.270	14.270
1	60	3600	0.01	56.840	56.340	14.340
	65	3900	0.01	56.890	56.390	14.390

PRUEBA DE DESCENSO

Departamento: Piura
 Coordenadas UTM WGS84
 Nombre del Pozo: Santa Clara
 N° IRHS: S/N
 Prof. Del Pozo (m): 92.40 m

Provincia: Piura
 Este: 548792
 Ejecutor: Elenan Galecio R.
 N.E (m): 42.5
 Distrito: Castilla
 Norte: 9427453
 Fecha: Oct 2018
 P.R (m): 0.5

TIEMPO			Q (m³/seg)	DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg		Nivel ref. descenso	Nivel descenso	Rebatimiento
	70	4200	0.01	57.030	56.530	14.530
	75	4500	0.01	57.160	56.660	14.660
	80	4800	0.01	57.300	56.800	14.800
	85	5100	0.01	57.440	56.940	14.940
	90	5400	0.01	57.560	57.060	15.060
	100	6000	0.01	57.680	57.180	15.180
	110	6600	0.01	57.810	57.310	15.310
2	120	7200	0.01	57.860	57.360	15.360
	130	7800	0.01	57.980	57.480	15.480
	140	8400	0.01	58.130	57.630	15.630
	150	9000	0.01	58.240	57.740	15.740
	165	9900	0.01	58.360	57.860	15.860
3	180	10800	0.01	58.490	57.990	15.990
	195	11700	0.01	58.640	58.140	16.140
	210	12600	0.01	58.760	58.260	16.260
4	240	14400	0.01	58.890	58.390	16.390
	270	16200	0.01	59.010	58.510	16.510
5	300	18000	0.01	59.140	58.640	16.640
6	360	21600	0.01	59.250	58.750	16.750
7	420	25200	0.01	59.360	58.860	16.860
8	480	28800	0.01	59.480	58.980	16.980
9	540	32400	0.01	59.590	59.090	17.090
12	720	43200	0.01	59.700	59.200	17.200
15	900	54000	0.01	59.810	59.310	17.310
18	1080	64800	0.01	59.920	59.420	17.420
21	1260	75600	0.01	60.010	59.510	17.510
24	1440	86400	0.01	60.110	59.610	17.610



PRUEBA DE RECUPERACIÓN

Departamento: Piura
 Coordenadas UTM WGS84
 Nombre del Pozo: Santa Clara
 N° IRHS: S/N
 Prof. Del Pozo (m): 92.40 m

Provincia: Piura
 Este: 548792
 Ejecutor: Elena Galecio R.
 N.E (m): 42.50
 Tiempo de Bombeo (min): 1440

Distrito: Castilla
 Norte: 9427452
 Fecha: OCT 2018
 P.R (m): 0.5

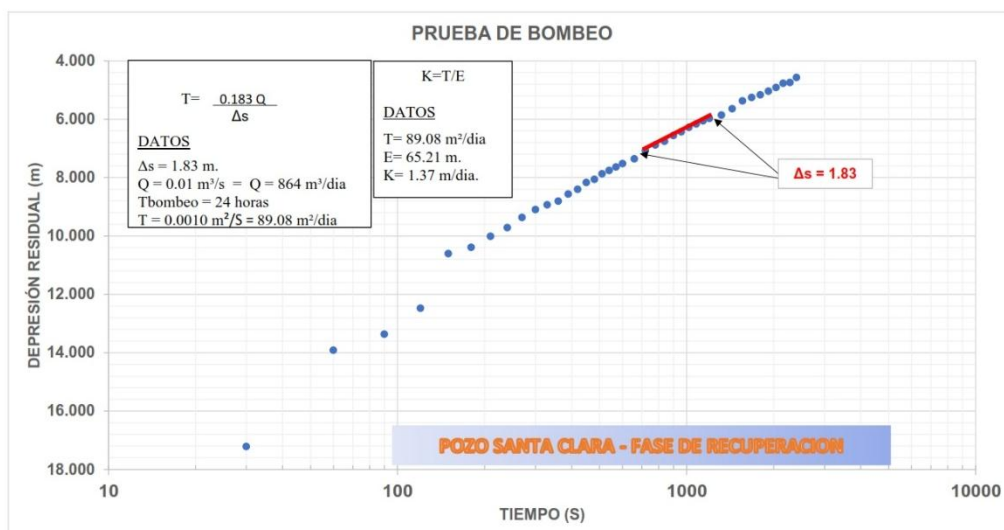
TIEMPO DE RECUPERACION			(Tb+Tr)/Tr	Q (m³/seg)	RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg			Nivel		Depresion residual
		0			42.500	42.000	0.000
	0.5	30	2881.00	0.01	59.710	59.210	17.210
	1	60	1441.00	0.01	56.413	55.913	13.913
	1.5	90	961.00	0.01	55.862	55.362	13.362
	2	120	721.00	0.01	54.978	54.478	12.478
	2.5	150	577.00	0.01	53.100	52.600	10.600
	3	180	481.00	0.01	52.889	52.389	10.389
	3.5	210	412.43	0.01	52.510	52.010	10.010
	4	240	361.00	0.01	52.210	51.710	9.710
	4.5	270	321.00	0.01	51.860	51.360	9.360
	5	300	289.00	0.01	51.590	51.090	9.090
	5.5	330	262.82	0.01	51.430	50.930	8.930
	6	360	241.00	0.01	51.310	50.810	8.810
	6.5	390	222.54	0.01	51.590	51.090	8.560
	7	420	206.71	0.01	51.430	50.930	8.400
	7.5	450	193.00	0.01	51.310	50.810	8.170
	8	480	181.00	0.01	51.060	50.560	8.060
	8.5	510	170.41	0.01	50.900	50.400	7.870
	9	540	161.00	0.01	50.670	50.170	7.750
	9.5	570	152.58	0.01	50.560	50.060	7.640
	10	600	145.00	0.01	50.370	49.870	7.520
	11	660	131.91	0.01	50.250	49.750	7.360
	12	720	121.00	0.01	50.140	49.640	7.070
	13	780	111.77	0.01	50.020	49.520	6.885
	14	840	103.86	0.01	49.860	49.360	6.760
	15	900	97.00	0.01	49.570	49.070	6.560
	16	960	91.00	0.01	49.385	48.885	6.430
	17	1020	85.71	0.01	49.260	48.760	6.280
	18	1080	81.00	0.01	49.060	48.560	6.160
	19	1140	76.79	0.01	48.930	48.430	6.050
	20	1200	73.00	0.01	48.780	48.280	5.970
	22	1320	66.45	0.01	48.660	48.160	5.860
	24	1440	61.00	0.01	48.550	48.050	5.640
	26	1560	56.38	0.01	48.470	47.970	5.370
	28	1680	52.43	0.01	48.360	47.860	5.250
	30	1800	49.00	0.01	48.140	47.640	5.160
	32	1920	46.00	0.01	47.870	47.370	5.040
	34	2040	43.35	0.01	47.750	47.250	4.910
	36	2160	41.00	0.01	47.660	47.160	4.770
	38	2280	38.89	0.01	47.540	47.040	4.740
	40	2400	37.00	0.01	47.410	46.910	4.570
	45	2700	33.00	0.01	47.270	46.770	4.390
	50	3000	29.80	0.01	47.240	46.740	4.170
	55	3300	27.18	0.01	47.070	46.570	4.060

PRUEBA DE RECUPERACIÓN

Departamento: Piura
 Coordenadas UTM WGS84
 Nombre del Pozo: Santa Clara
 N° IRHS: S/N
 Prof. Del Pozo (m): 92.40 m

Provincia: Piura
 Este: 548792
 Ejecutor: Elena Galecio R.
 N.E (m): 42.50
 Tiempo de Bombeo (min): 1440
 Distrito: Castilla
 Norte: 9427452
 Fecha: OCT 2018
 P.R (m): 0.5

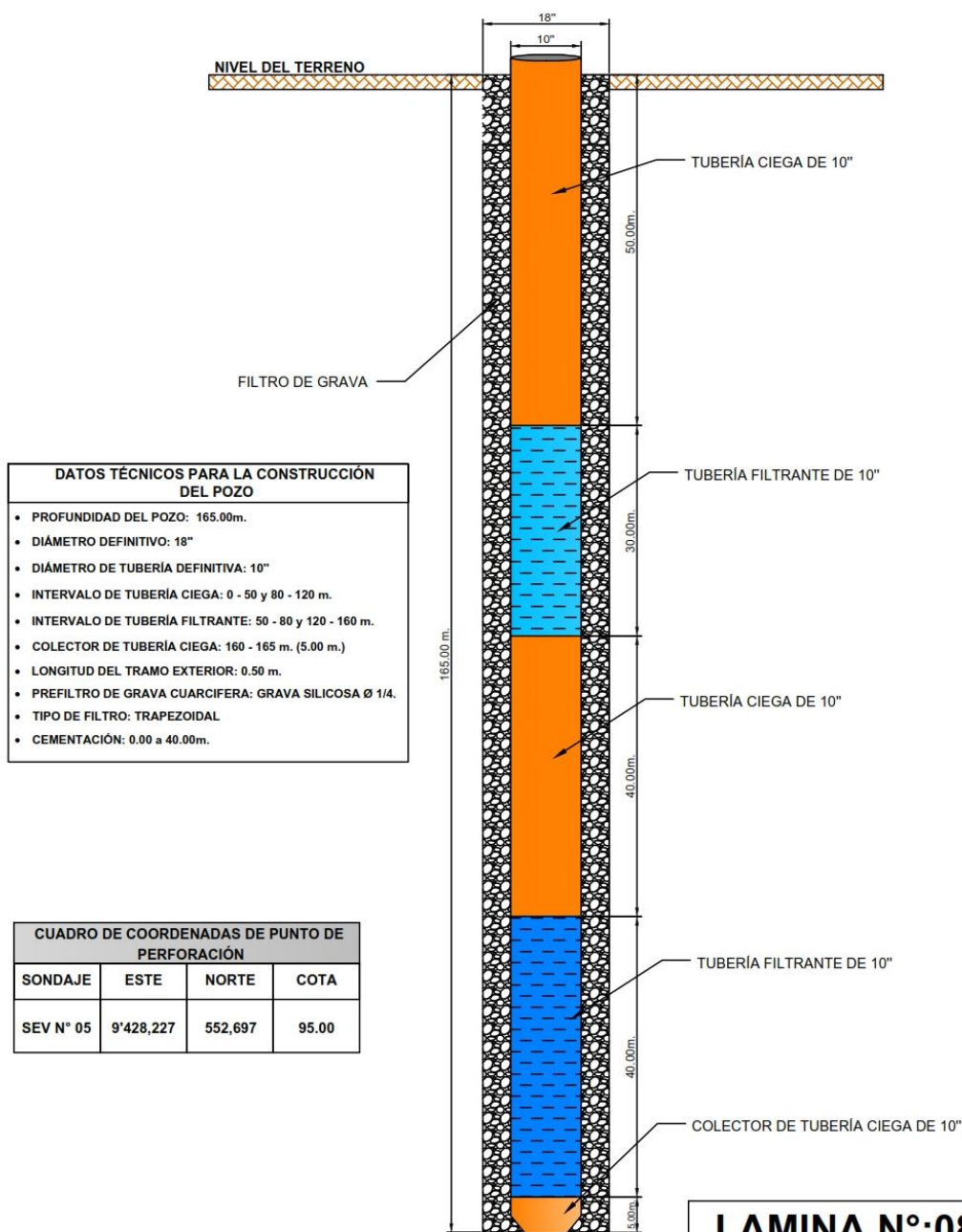
TIEMPO DE RECUPERACION			(Tb+Tr)/Tr	Q (m³/seg)	RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg			Nivel		Depresion residual
	60	4200	25.00	0.01	46.450	45.950	3.950
	65	4500	23.15	0.01	46.330	45.830	3.830
	70	4800	21.57	0.01	46.180	45.680	3.680
	75	5100	20.20	0.01	46.060	45.560	3.560
	80	5400	19.00	0.01	45.930	45.430	3.430
	85	6000	17.94	0.01	45.830	45.330	3.330
	90	6600	17.00	0.01	45.730	45.230	3.230
	100	7200	15.40	0.01	45.610	45.110	3.110
	110	7800	14.09	0.01	45.470	44.970	2.970
2	120	8400	13.00	0.01	45.360	44.860	2.860
	130	9000	12.08	0.01	45.250	44.750	2.750
	140	9900	11.29	0.01	45.140	44.640	2.640
	150	10800	10.60	0.01	45.040	44.540	2.540
	165	11700	9.73	0.01	44.930	44.430	2.430
3	180	12600	9.00	0.01	44.790	44.290	2.290
	195	14400	8.38	0.01	44.710	44.210	2.210
	210	16200	7.86	0.01	44.640	44.140	2.140
4	240	18000	7.00	0.01	44.420	43.920	1.920
	270	21600	6.33	0.01	44.330	43.830	1.830
5	300	25200	5.80	0.01	44.180	43.680	1.680
6	360	28800	5.00	0.01	43.980	43.480	1.480
7	420	32400	4.43	0.01	43.860	43.360	1.360
8	480	43200	4.00	0.01	43.730	43.230	1.230
9	540	54000	3.67	0.01	43.470	42.970	0.970
10	600	64800	3.40	0.01	43.360	42.860	0.860
11	660	75600	3.18	0.01	43.240	42.740	0.740
12	720	86400	3.00	0.01	43.100	42.600	0.600
13	780	54000	2.85	0.01	55.448	54.948	0.470
14	840	64800	2.71	0.01	55.318	54.818	0.340
15	900	75600	2.60	0.01	55.178	54.678	0.200
16	960	86400	2.50	0.01	55.048	54.548	0.070



ANEXO N° 3: DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO.

DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO

POZO N°01 : PREDIO "PROGRESO BAJO"



ANEXO N° 4: TESTIMONIO FOTOGRAFICO

S.E.V N° 1

INSTALACION DEL EQUIPO DE PROSPECCION



S.E.V N° 2

TOMA DE DATOS DE RESISTIVIDAD



S.E.V N° 3

TENDIDO DEL CABLEADO DE EMISION



S.E.V N° 4

SEÑALIZACION DEL PUNTO DE INVESTIGACION



S.E.V N° 5

EMPLAZAMIENTO DEL EQUIPO DE PROSPECCION

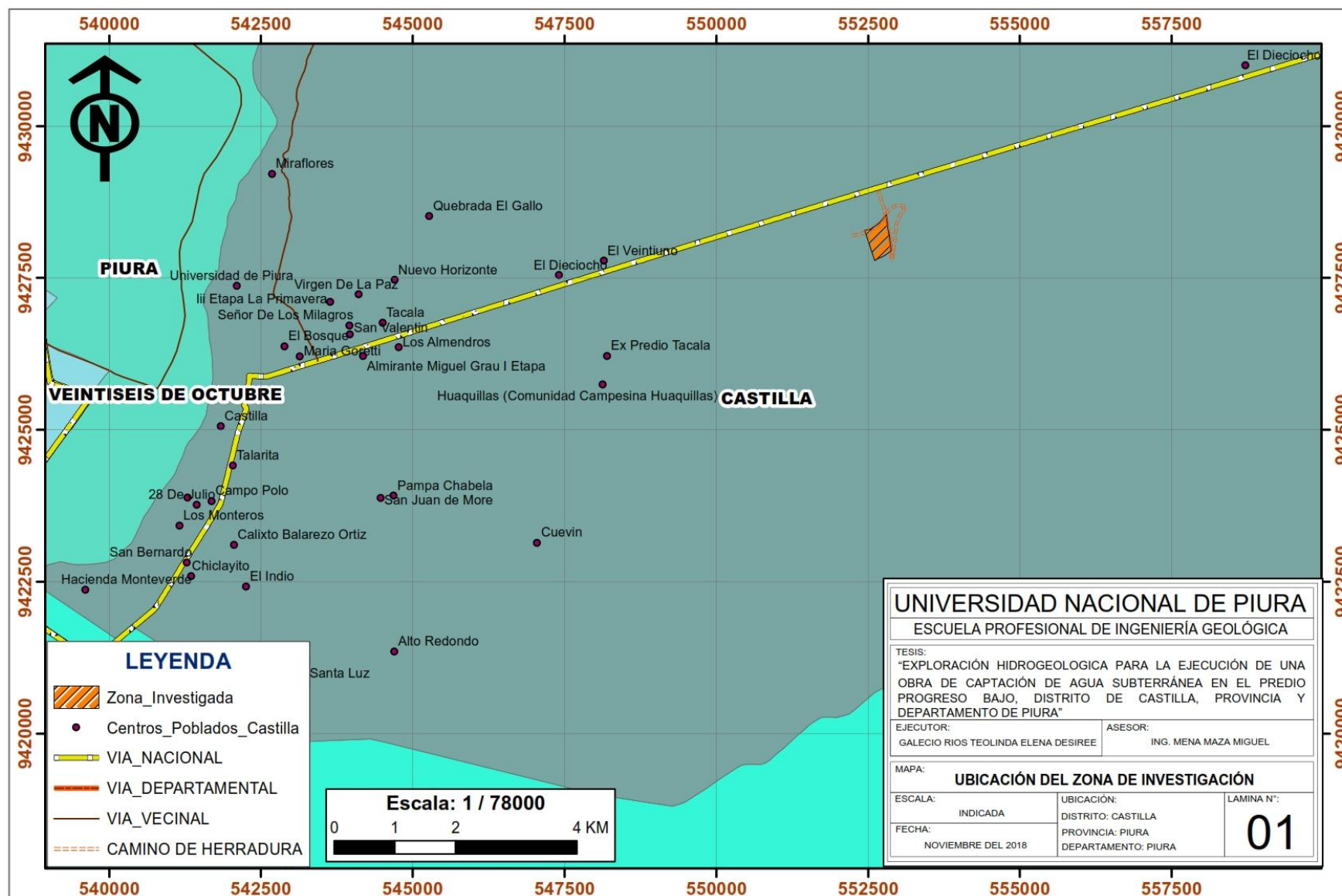


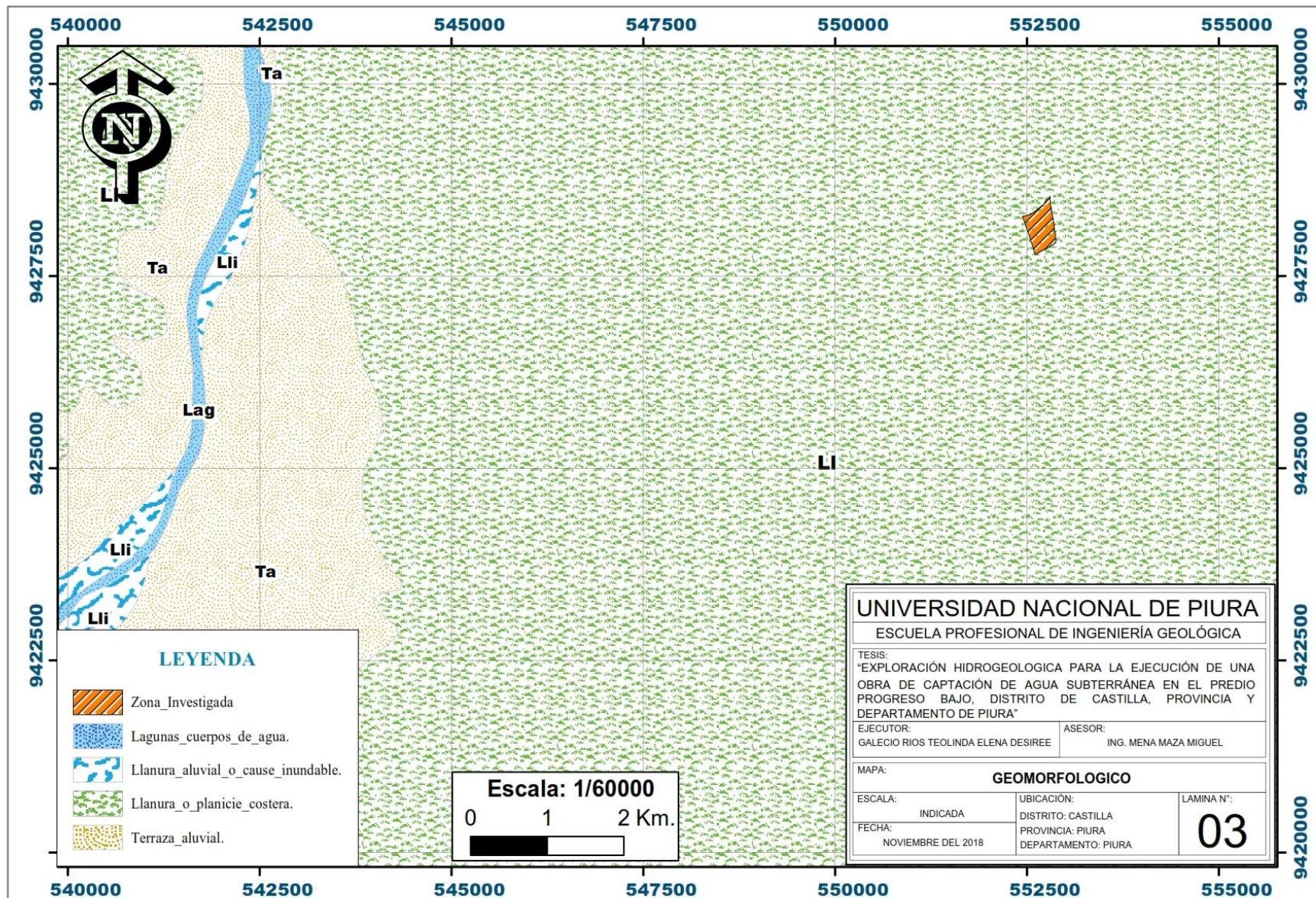
S.E.V N° 6

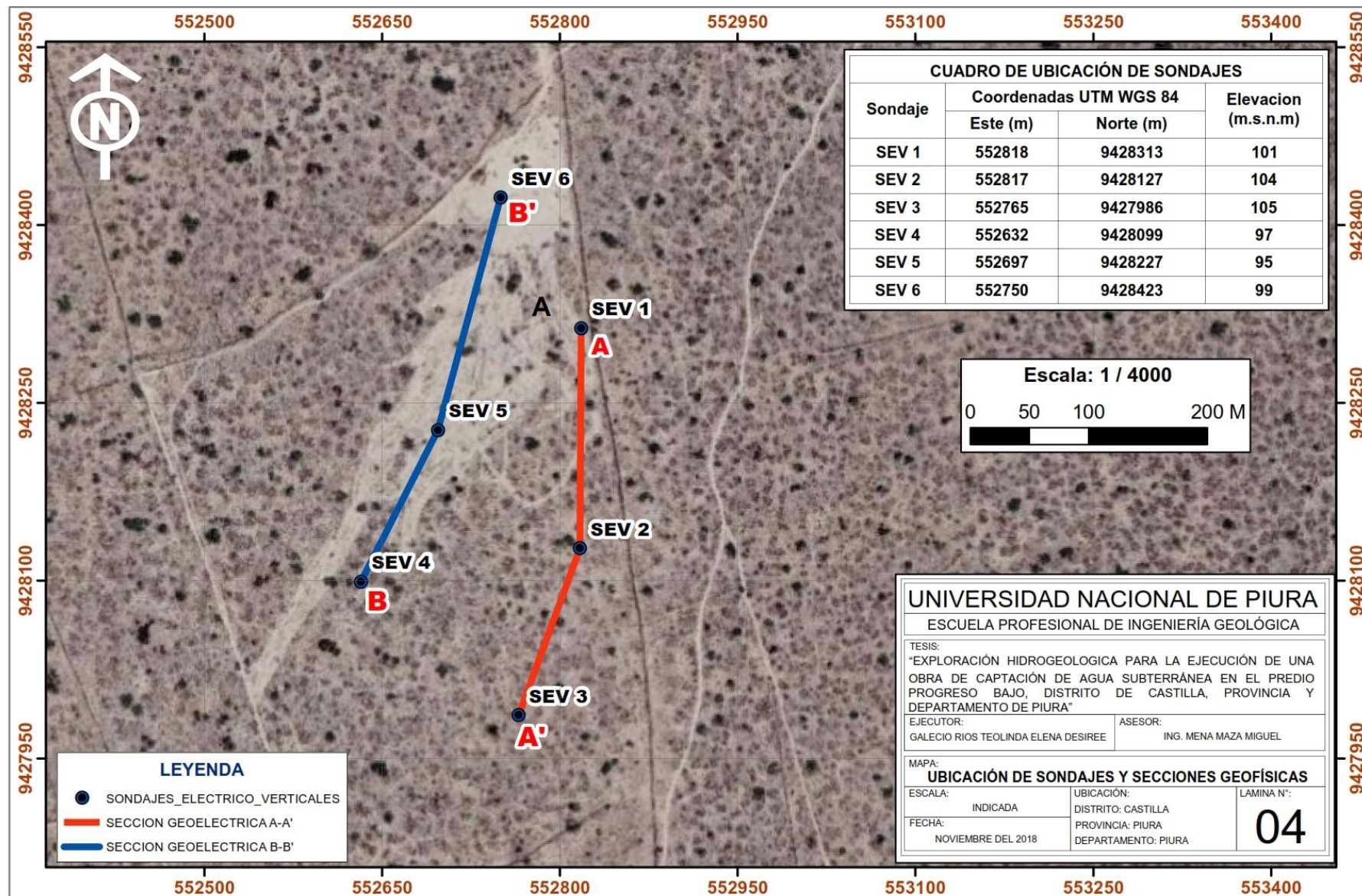
TOMA DE DATOS DE CAMPO

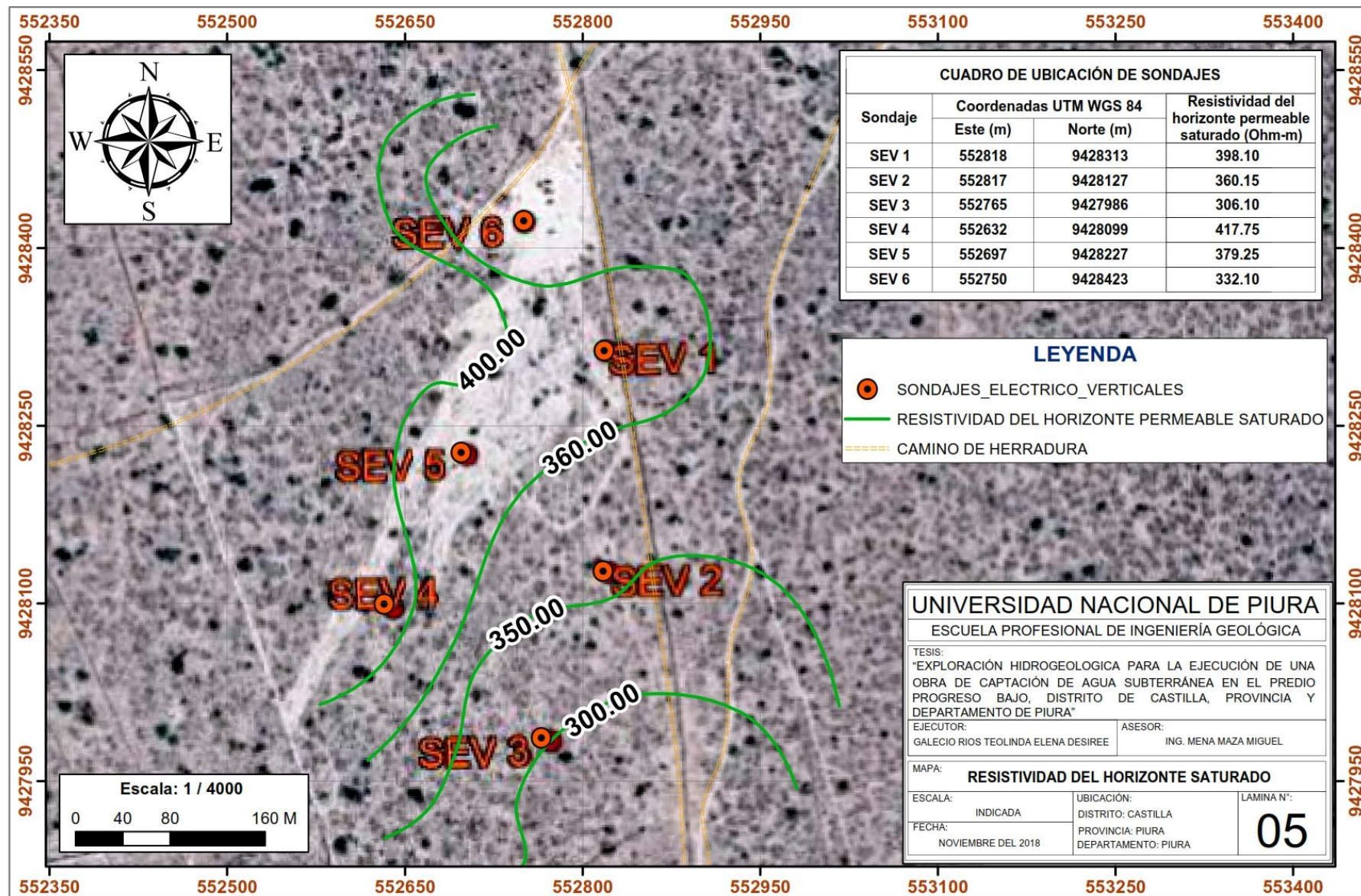


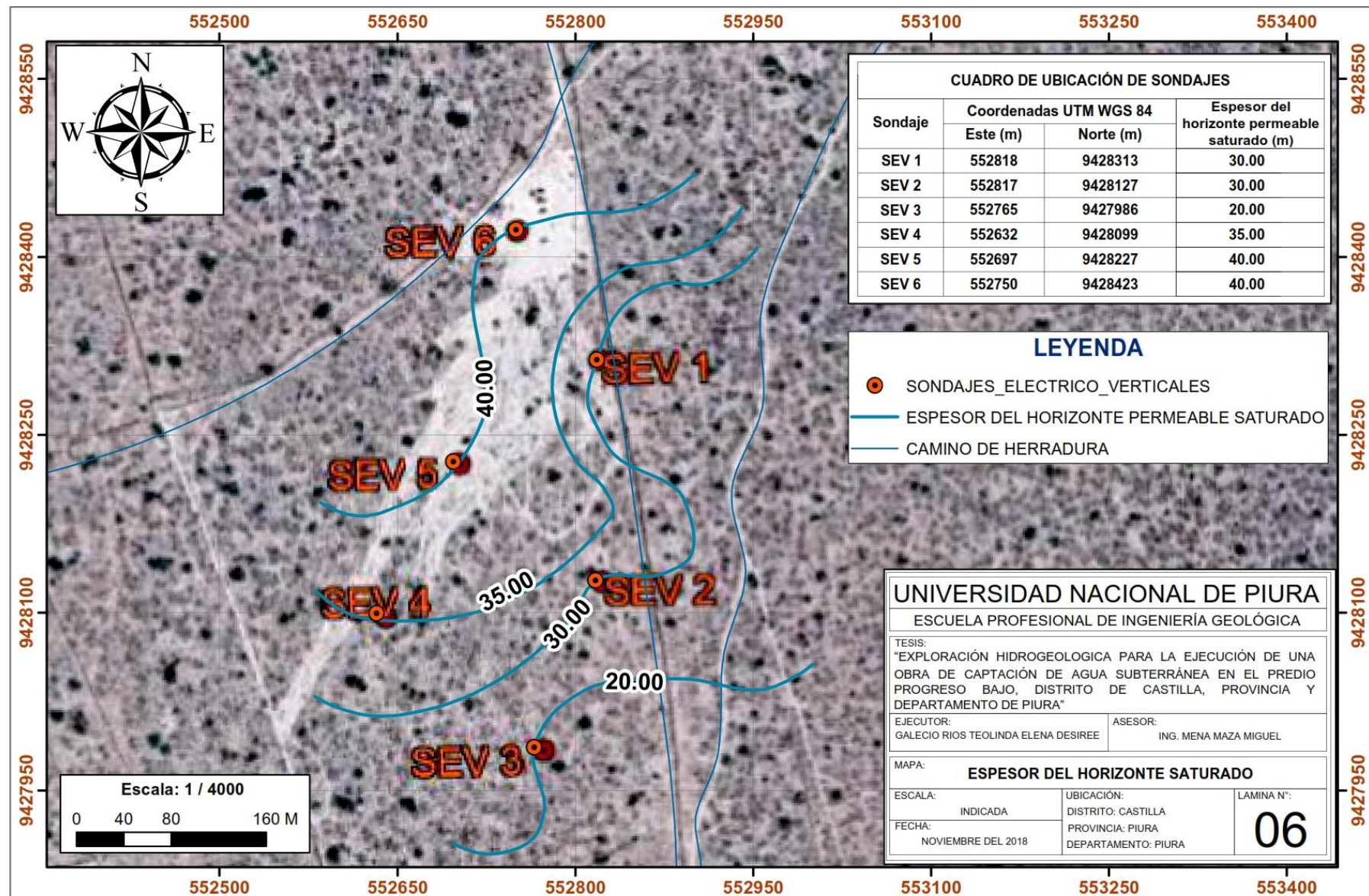
ANEXO N° 5: MAPAS

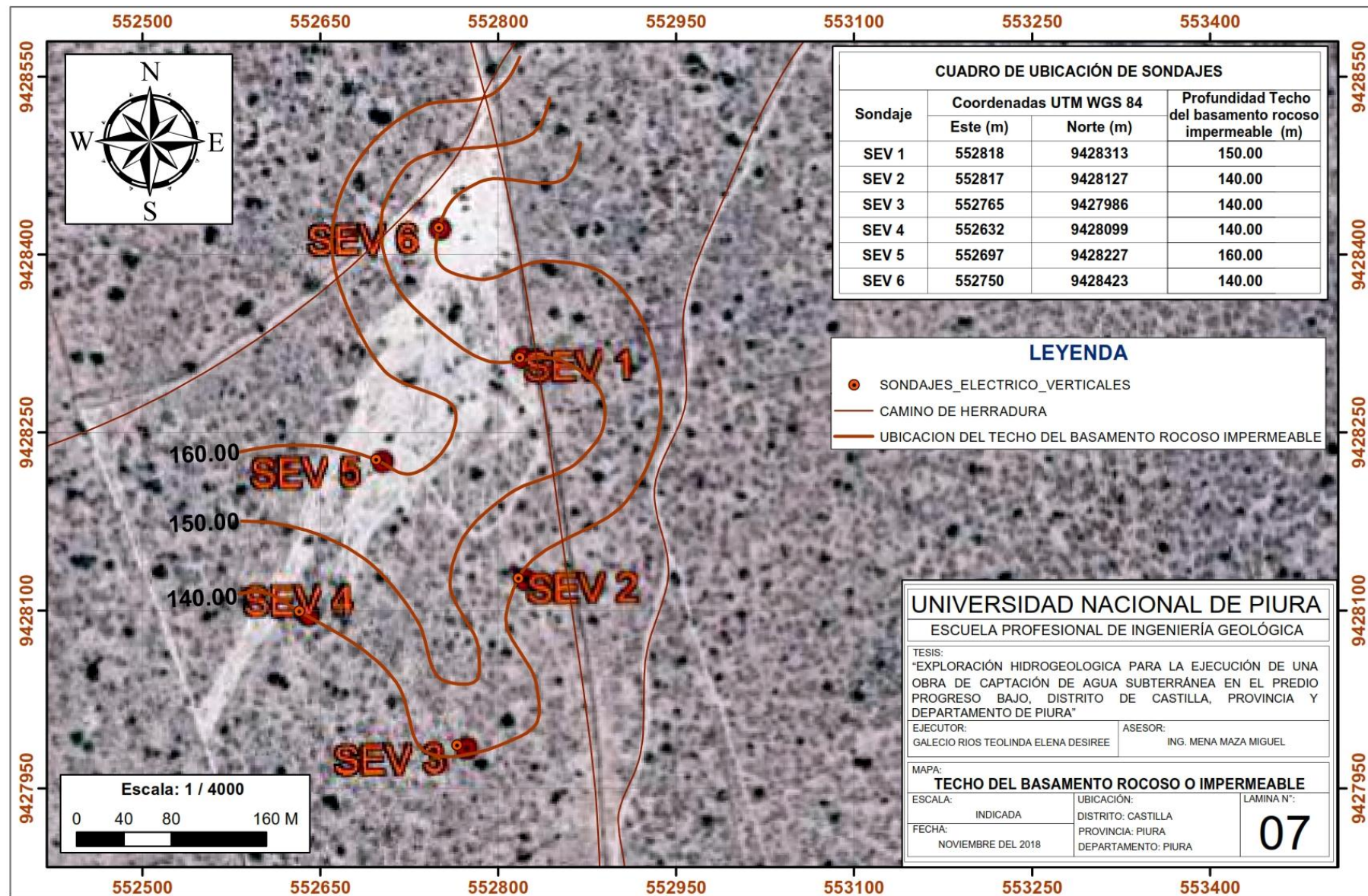


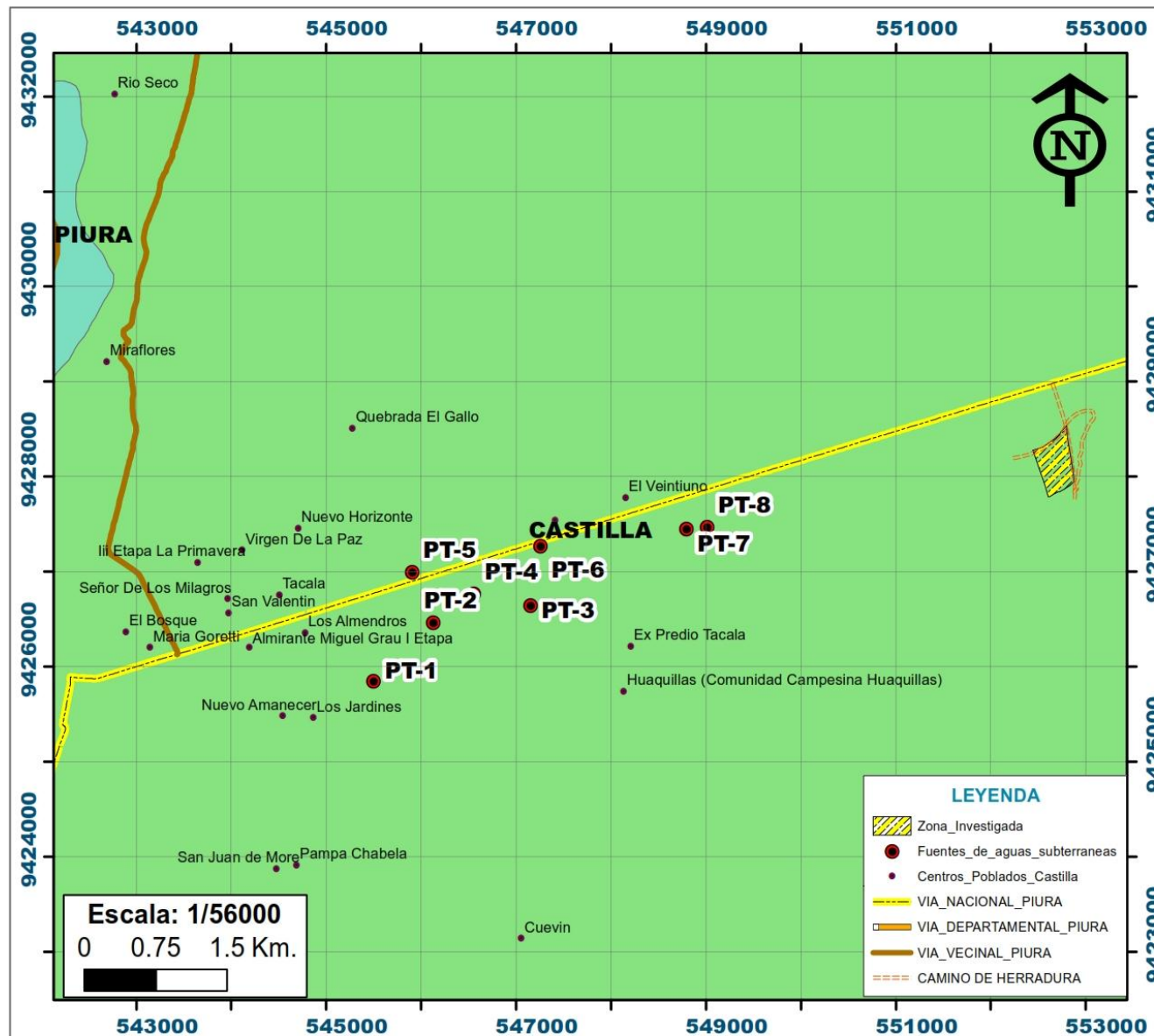












DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU



CUADRO DE UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA				
Pozo	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Elevación (m.s.n.m)
Tubular		Este (m)	Norte (m)	
PT-1	EPS GRAU - CIUDAD DEL NIÑO	542500	9425849	49.00
PT-2	UNIV. ALAS PERUANAS	540128	9426401	57.00
PT-3	CAMPO EXP. UAP	547151	9426039	47.00
PT-4	CLUB RECREATIVO ATLANTIS	540555	9426770	53.00
PT-5	HOSPITAL SAN MARTIN	540904	9426994	53.00
PT-6	CAMPO EXPERIMENTAL ALAS PERUANAS	547250	9427270	71.00
PT-7	SANTA CLARA	548792	9427452	57.00
PT-8	EL ANGEL	549011	9427471	58.00

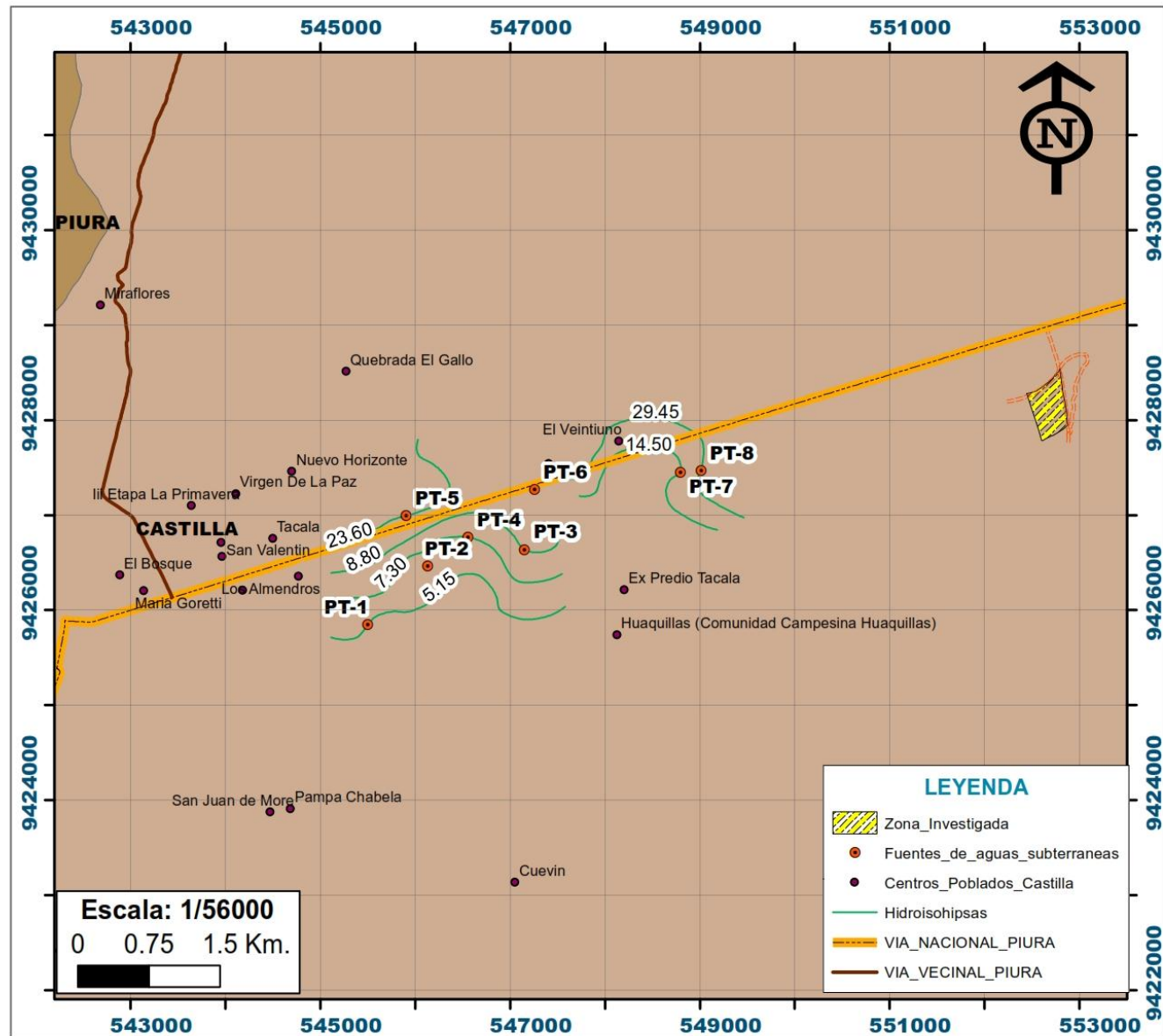
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS:
 "EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"

EJECUTOR: GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE ASESOR: ING. MENA MAZA MIGUEL

MAPA: UBICACIÓN DE POZOS Y FUENTES DE AGUA

ESCALA:	INDICADA	UBICACIÓN:	DISTRITO: CASTILLA	LÁMINA N.º:
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2018	PROVINCIA:	PIURA	08
		DEPARTAMENTO:	PIURA	

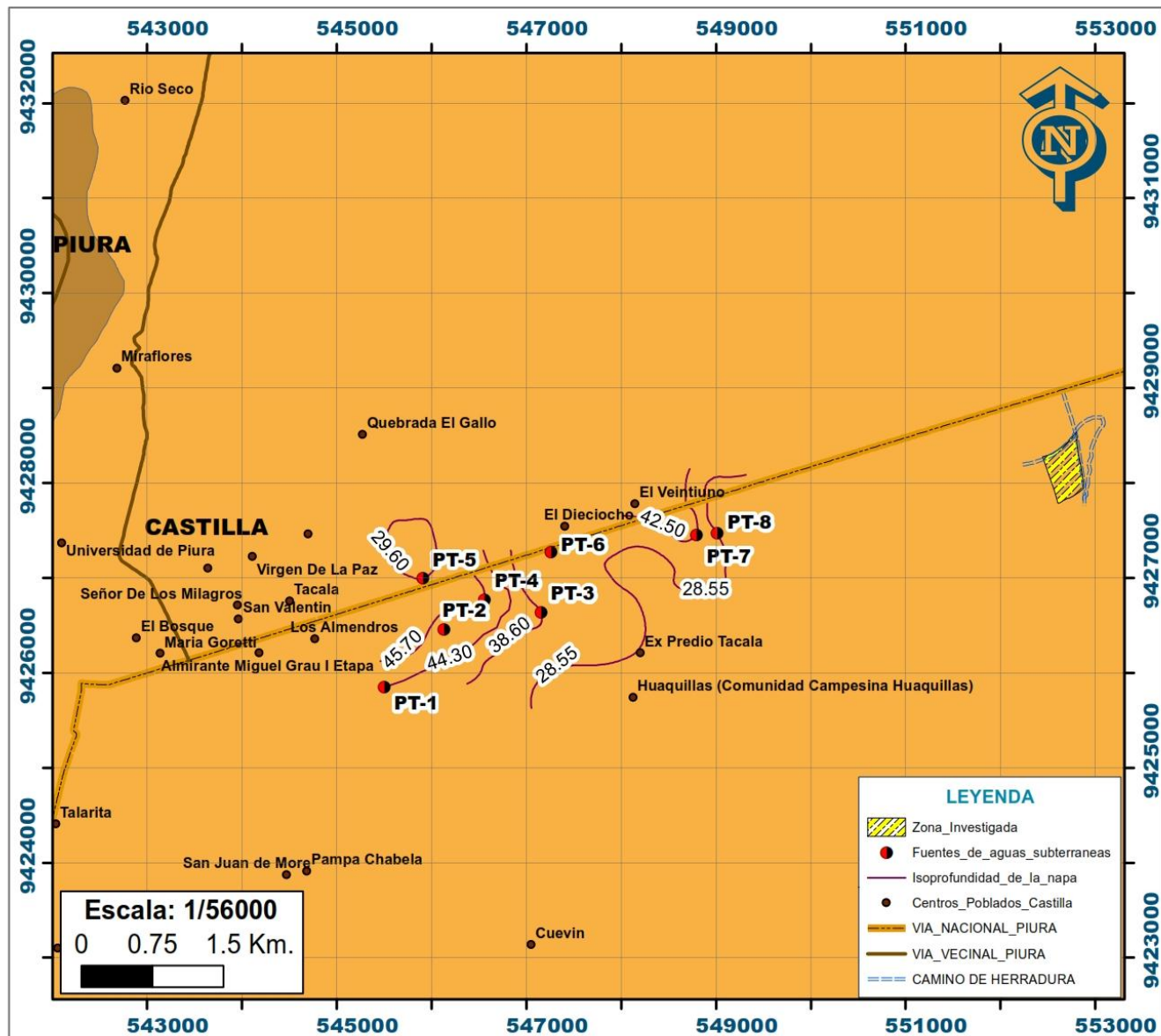


DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU



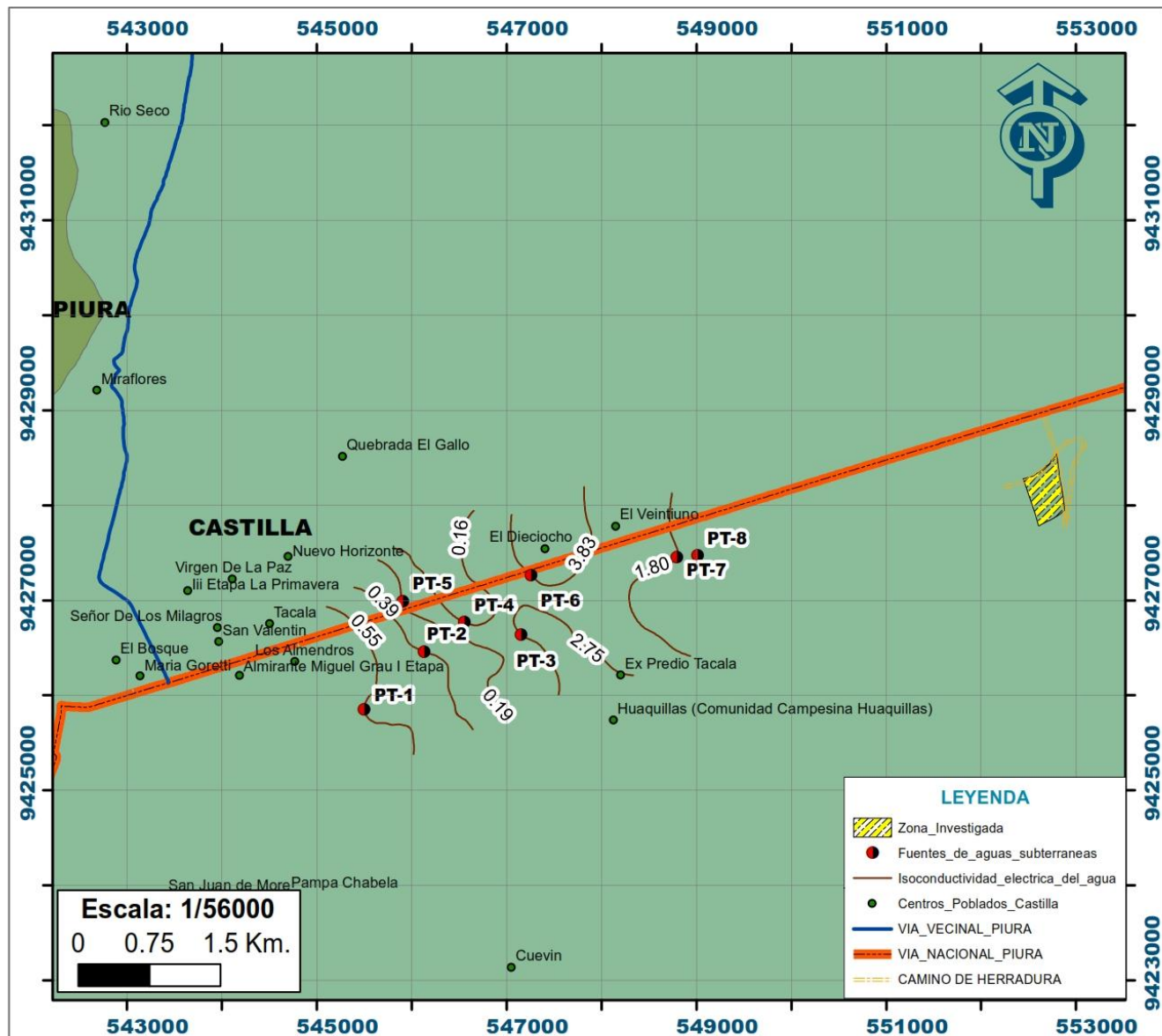
Pozo Tubular	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Hidroisohipsa (m.s.n.m.)
		Este (m)	Norte (m)	
PT-1	SPS GRAU - CIUDAD DEL NIÑO	545589	9425849	5.15
PT-2	UNIV. ALAS PERUANAS	546128	9426461	-
PT-3	CAMPO EXP. UAP	547151	9426039	8.80
PT-4	CLUB RECREATIVO ATLANTIS	546555	9426776	7.30
PT-5	HOSPEDAJE MANHATAN	545964	9426994	23.00
PT-6	CAMPO EXPERIMENTAL ALAS PERUANAS	547235	9427210	-
PT-7	SANTA CLARA	546792	9427522	14.50
PT-8	EL ANGEL	549011	9427471	29.45

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: "EXPLORACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"			
EJECUTOR: GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE		ASESOR: ING. MENA MAZA MIGUEL	
MAPA: HIDROISOHIPSAS			
ESCALA: INDICADA		UBICACION: DISTRITO: CASTILLA PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA	LAMINA N°: 09



Pozo Tubular	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Isoprofundidad de la napa (m)
		Este (m)	Norte (m)	
PT-1	EPS GRAU - CIUDAD DEL NIÑO	545500	9425849	44.30
PT-2	UNIV. ALAS PERUANAS	540128	9426461	-
PT-3	CAMPO EXP. UAP	547151	9426639	38.00
PT-4	CLUB RECREATIVO ATLANTIS	546555	9426770	45.70
PT-5	HOSPITAL MANDAYAN	545964	9426994	29.00
PT-6	CAMPO EXPERIMENTAL ALAS PERUANAS	547250	9427270	-
PT-7	SANTA CLARA	548792	9427452	42.50
PT-8	EL ANGEL	549011	9427471	28.55

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: "EXPLORACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRANEA EN EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"			
EJECUTOR: GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE		ASESOR: ING. MENA MAZA MIGUEL	
MAPA: ISOPROFUNDIDAD DE LA NAPA			
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: DISTRITO: CASTILLA PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA	LAMINA N°: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">10</div>	
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2018			

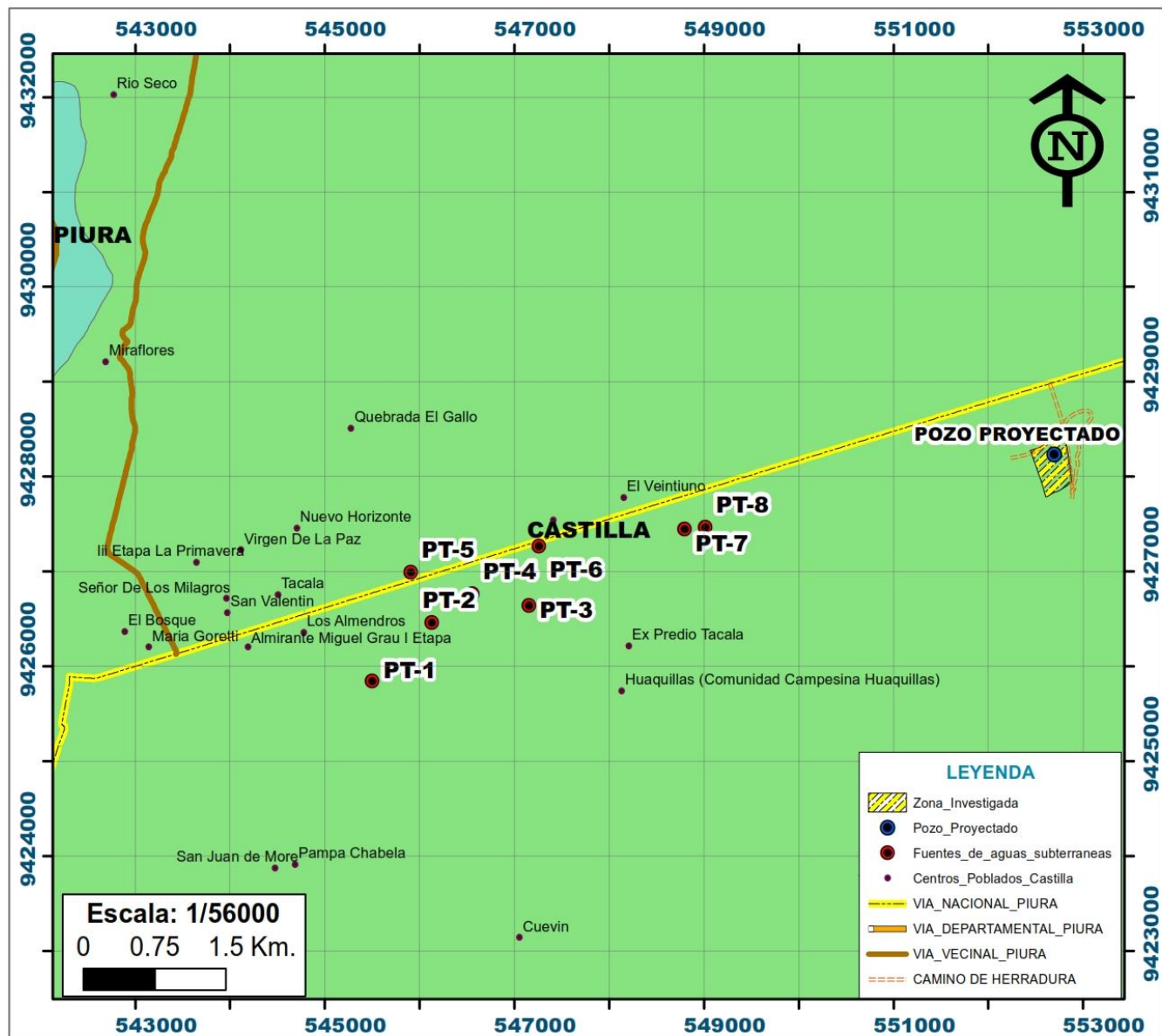


DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU



Pozo Tubular	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84	Isocconductividad del Agua (μS/cm)
PT-1	PPR GRABU - CIUDAD DEL NIÑO	545500 9425549	0.55
PT-2	UNIV. ALAS PERUANAS	546125 9426460	0.75
PT-3	CAMPO EXP. UAP	547151 9426039	2.75
PT-4	CLUB RECREATIVO ATLANTIS	546555 9426770	0.16
PT-5	HORPEDAJE MANHATAN	547904 9426994	0.19
PT-6	CAMPO EXPERIMENTAL ALAS PERUANAS	547256 9427270	3.83
PT-7	SANTA CLARA	548792 9427452	1.80
PT-8	EL ANGEL	549011 9427471	-

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: "EXPLORACIÓN HIDROGEOLOGICA PARA LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"		
EJECUTOR: GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE		ASESOR: ING. MENA MAZA MIGUEL
MAPA: ISOCONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA		
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: DISTRITO: CASTILLA PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA	LÁMINA N°: 11
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2018		



DEPARTAMENTO DE PIURA - PERU



CUADRO DE UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA			
Pozo Tubular	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84	
		Este (m)	Norte (m)
PT-1	EPS GRAU - CIUDAD DEL NIÑO	545500	9425849
PT-2	UNIV. ALAS PERUANAS	540126	9420401
PT-3	CAMPO EXP. UAF	547151	9426039
PT-4	CLUB RECREATIVO ATLANTIS	546555	9420770
PT-5	HOSPEDAJE MANHATAN	545904	9420994
PT-6	CAMPO EXPERIMENTAL ALAS PERUANAS	547256	9427270
PT-7	SANTA CLARA	548792	9427452
PT-8	EL ANGEL	549011	9427471

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: "EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PREDIO PROGRESO BAJO, DISTRITO DE CASTILLA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"		
EJECUTOR: GALECIO RIOS TEOLINDA ELENA DESIREE	ASESOR: ING. MENA MAZA MIGUEL	
MAPA: UBICACIÓN DEL POZO PROYECTADO		
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: DISTRITO: CASTILLA PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA	LAMINA N°: 12
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2018		